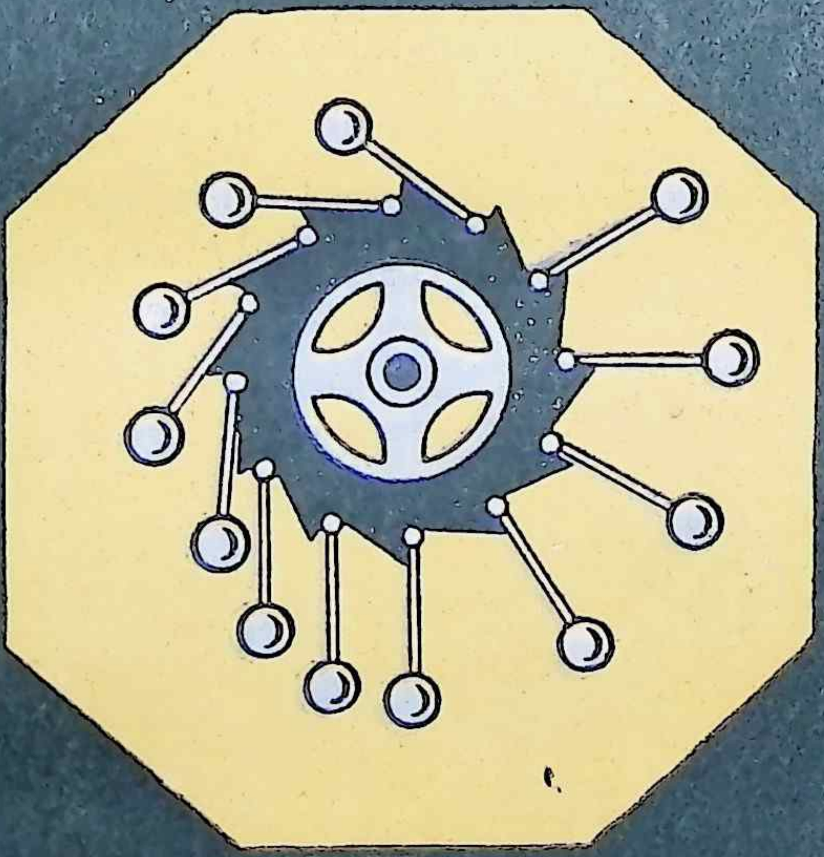
Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

# КЫЗЫКЛЫ ФИЗИКА



БЕРЕНЧЕ КИТАП

ТАТАРСТАН КИТАП НӘШРИЯТЫ · 1960

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

# КЫЗЫКЛЫ ФИЗИКА

ПАРАДОКСЛАР, БАШВАТКЫЧЛАР, МӘСЬӘЛӘЛӘР, ТӘҖРИБӘЛӘР, УЙЛАРГА МӘҖБҮР ИТӘ ТОРГАН СОРАУЛАР ҺӘМ ФИЗИКА ӨЛКӘСЕННӘН ХИКӘЯЛӘР

УНБИШЕНЧЕ БАСМАСЫННАН ТӘРҖЕМӘ

БЕРЕНЧЕ КИТАП

ТАТАРСТАН КИТАП НӘШРИЯТЫ
Казан 1960

## АННОТАЦИЯ

Бу китапны танылган популяризатор һәм педагог язган; монда башваткычлар, мәсьәләләр, тәҗрибәләр һәм физика өлкәсеннән әңгәмәләр бар. Аңлату характеры һәм белем бирү ягыннан бу китап урта мәктәп укучылары һәм шул ук күләмдә үз белемен арттырырга тырышучылар өчен язылган.

## УНӨЧЕНЧЕ БАСМАСЫНА КАРАТА КЕРЕШ СҮЗДӘН

Бу китапта автор укучыга яңа белем бирүдән бигрәк, аның „белгәнен тагын да белдерә төшәргә“, ягъни физика өлкәсеннән төп белемнәрен тирәнәйтергә һәм җанландырырга, алар белән аңлы рәвештә эш итәргә өйрәтергә һәм аларны төрле-төрле эшләрдә кулланырга омтылыш уятырга тырыша. Бу максатка төрле башваткычларны, уйларга мәҗбүр итә торган сорауларны, кызыклы әңгәмәләр һәм мавыктыргыч мәсьәләләрне, парадоксларны һәм физика өлкәсендәге көтелмәгән һәм көндәлек тормышта очрый торган күренешләрне яки һәркемгә мәгълүм булган фәнни-фантастик әсәрләрдән алынган төрле вакыйгаларны тикшерү юлы белән ирешелә. Автор бу соңгы материаллар китапның максатларына иң туры килә торган дип санап, алардан бик киң файдалана һәм Жюль-Верн, Уэллс, Марк Твен һәм башкаларның әсәрләреннән өземтәләр китерә. Аларда сөйләнгән фантастик тәҗрибәләр, мавыктыргыч булулары белән бергә, укыту эшендә җанлы иллюстрация ролен уйнаулары да мөмкин.

Китаптагы мәсьәләләрне автор, мөмкин кадәр кызык итеп сөйләргә һәм алар белән мавыктырырга тырышты. Автор, мәсьәлә белән кызыксыну аңа дикъкатьне үстерә, аны аңлауны ансатлаштыра һәм, шуның аркасында, мәсьәләне аңлы рәвештә һәм нык

үзләштерергә ярдәм итә, дигән психологик аксиомага таянып эш итте.

Гадәттә моның кебек китапларда кызыклы һәм эффектлы тәҗрибәләргә зур урын бирсәләр дә, „Кызыклы физика“да аларга бик аз урын бирелгән. Бу китапның максаты эксперимент өчен материал тәкъдим итүче китапларныкы белән бер түгел. „Кызыклы физика“ның төп максаты—фәнни фикер йөртү эшчәнлеген уяту, укучыны физика фәненчә уйларга өйрәтү, тормыштагы төрле-төрле күренешләрнең һәм гадәттә очратырга туры килә торган барлык нәрсәләрнең физика белән бик күп бәйләнешләрен укучының зиһененә сеңдереп калдыру. Бу китапны яңадан эшләгәндә автор В. И. Ленин күрсәткән нигездән читкә чыкмаска тырышты. В. И. Ленин болай яза: „Популяр язучы, иң гади һәм һәркемгә билгеле булган мәгълүматлардан чыгып, гади рәвештә фикер йөртү яки уңышлы мисаллар китерү ярдәмендә, ул мәгълүматлардан төп *нәтиҗәләр* ясау юлы белән, укучыны тагын башка мәсьәләләр турында уйларга мәҗбүр итә һәм аны тирән фикерләргә, тирән тәгълиматка китереп кертә. Популяр язучы фикер йөртми торган, уйларга теләмәүче яки фикер йөртә белмәүче укучыны күз алдында тотмый,—киресенчә, баш белән уйларга җитди теләге булган, ләкин белем ягыннан артта калган укучыларны күз алдында тота һәм аңа бу җитди читен эшне башкарырга *ярдәм итә* һәм, бу юлда беренче адым ясарга булышып, аннары үзлегеннән алга барырга өйрәтә.“[1]

Укучылар бу китапның тарихы белән кызыксынуларына күрә, аның турында кайбер библиографик мәгълүматлар китерәбез.

---

[1] В. И. Ленинның матбугатка чыкмаган әсәрләреннән „Свобода“ журналы турында фикер. 1936 елгы „Большевик“ журналының 2 нче саныннан 73 нче биттән алынды.

„Кызыклы физика“ моннан утыз ел чамасы элек дөньяга чыгарылды һәм бу китап авторның күп сандагы китаплар семьясында беренчесе булып тора, ә хәзер авторның берничә дистә китабы бар.

Хәзерге вакытта, ике кисәктән гыйбарәт „Кызыклы физика“ китабының рус телендә басылып чыккан экземплярлары саны 200000 гә якынлашып килә. Бу тиражның күп өлеше китапханәләрдә; димәк, һәрбер китап уннарча кеше кулыннан үтәргә тиеш. Шулай булгач, бу китапны укучылар саны миллионнарча булыр дип әйтергә ярый. Укучылардан килгән хатларга караганда, „Кызыклы физика“ илебезнең иң ерак почмакларына кадәр таралу бәхетенә ирешкән.

1925 елда „Кызыклы физика“ Украина теленә тәрҗемә итеп бастырылды.

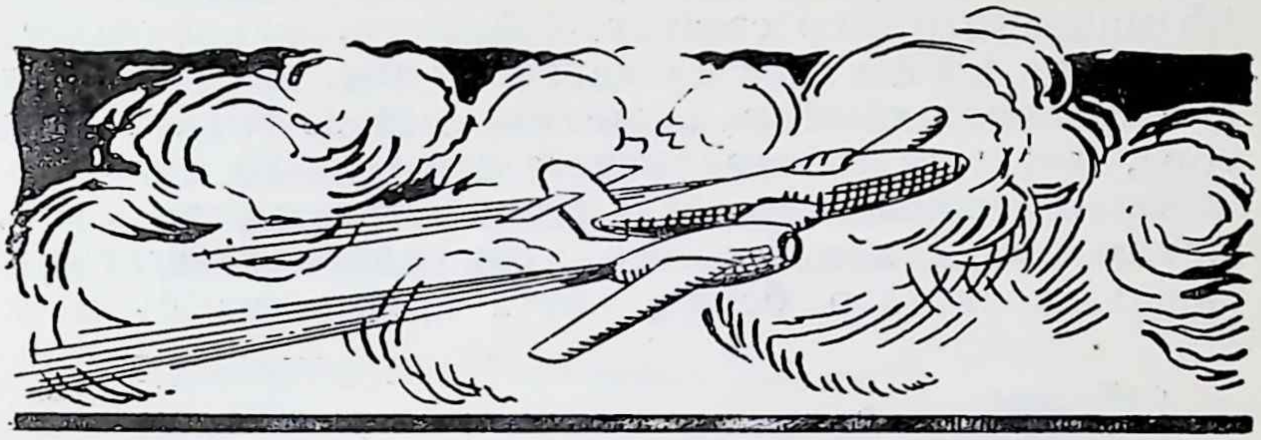
Китапның күп таралуы киң халык массасының физика белемнәре белән җанлы кызыксынуын күрсәтә һәм, шуның белән бергә, материалның яхшы сыйфатлы булуы өчен авторга җитди җаваплылык йөкли. Шуны аңлаганга күрә автор „Кызыклы физика“ның кабат басмаларына күп үзгәртүләр һәм өстәмәләр кертә килде. Китап үзенең яшәү чоры — 25 ел буена эшләнде дияргә була. Китапның соңгы басмасында беренче басмасындагы текстның яртысы гына сакланган, ә рәсемнәр барысы да диярлек яңартылган.

Кайбер укучылардан, „китапта унлап яңа бит булу аркасында аның һәрбер яңа басмасын алырга мәҗбүр итмәү өчен“, китапны яңадан эшләмәүне үтенеп, авторга хатлар килде. Ләкин мондый фикер авторны үзенең хезмәтен мөмкин кадәр яхшырту бурычыннан һич тә азат итә алмас иде. „Кызыклы физика“ матур әдәбият түгел, ул популяр әсәр булса да, фәнни әсәр. Аның алган нигезе — физика фәне — хәтта башлангыч нигезләрендә дә яңа материалларга һич туктаусыз баеп тора һәм алар китапның текстына әледән-әле кертелергә тиеш.

Ә кайберәүләрдән, еш кына, ни өчен радиотехниканың яңа уңышларына, атом төше җимерелү мәсьәләсенә, хәзерге вакыттагы физик теорияләргә һ. б. „Кызыклы физика“ китабында урын бирелми, дигән шелтәләр ишетергә туры килә. Мондый шелтәләр аңлашылмаучылыктан туалар. Бу мәсьәләләрне тикшерү — башка төр китапларга кагыла торган эш. „Кызыклы физика“ның исә максаты башкада.

„Кызыклы физика“га, аның икенче китабыннан башка, шул ук авторның тагын берничә әсәре килеп тоташа. Аларның берсе, чагыштырмача аз хәзерлекле, физиканы системалы рәвештә өйрәнергә керешмәгән укучыларга багышланган. Ул китапка „Адым саен физика“ дип исем бирелгән („Детгиз“ басмасы). Тагын ике китап урта мәктәп физика курсын тәмамлаган укучыларны күздә тота. Алар — „Кызыклы механика“ һәм „Сез физиканы беләсезме“ исемле китаплар. Бу соңгы әсәр — „Кызыклы физика“ны тәгаллләп бетерү дип әйтергә була.

*Я. Перельман.*



БЕРЕНЧЕ БҮЛЕК

# ТИЗЛЕК. ХӘРӘКӘТЛӘРНЕ КУШУ

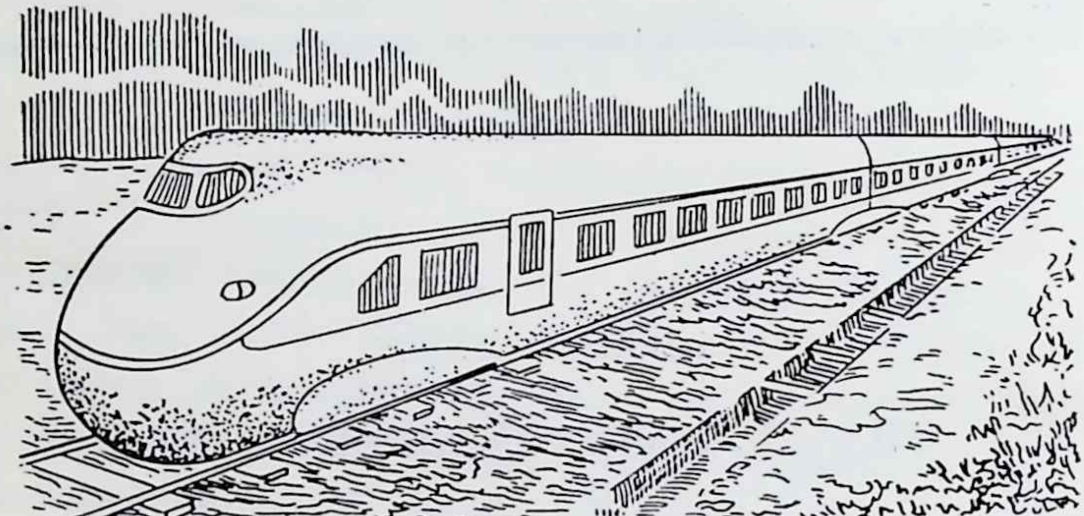
## Без тиз хәрәкәт итәбезме?

Совет спортчысы, тимераякта шуу буенча дөнья чемпионы Мария Исакова 1949 елның февралендә 3 километр дистанцияне 5 минут 29,7 секунд эчендә үтте! Җәяүле кешенең гадәттәге тизлеге (секундка 1,5 метр) белән чагыштырып карау өчен кечкенә генә исәпләү кирәк; бу исәпләү буенча Мария Исакованың тизлеге секундка 9,1 метр булып чыга. Ләкин бу чагыштыру бик үк дөрес түгел; җәяүле кеше сәгатькә биш километр тизлек белән сәгатьләр буена, озак вакыт йөри, ә спортчы андый зур тизлек белән берничә минут кына йөри ала. Хәрби пехота часте, тиз атлап барса да, йөгерешчегә караганда өч тапкыр әкренрәк бара; ул секундка 2 метр, яки сәгатькә 7 километрдан артыграк тизлек белән йөри, ләкин аның спортчыга караганда бер өстенлеге бар — ул шактый күбрәк юл уза ала.

Кешенең нормаль йөреш тизлеген, халык мәкальләрендә иң акрын йөрүче дип танылган әкәм-төкәм һәм ташбака тизлеге белән чагыштыру кызык булыр. Әкәм-төкәм халык мәкалендә, чынлап та хаклы була-

рак, акрын йөрүче исемен алган: ул бер секунд эчендә 1,5 миллиметр, бер сәгатьтә 5,5 метр, ягъни кешегә караганда м е ң т а п к ы р азрак юл уза. Акрын йөрүче дип танылган ташбака әкәм-төкәмнән аз гына алдарак тора, аның гадәттәге тизлеге сәгатькә 70 метр.

Әкәм-төкәм һәм ташбака белән чагыштырганда кеше җитез тоела; ләкин безне урап алган табигатьтәге башка хәрәкәтләр белән, хәтта артык тиз булмаган



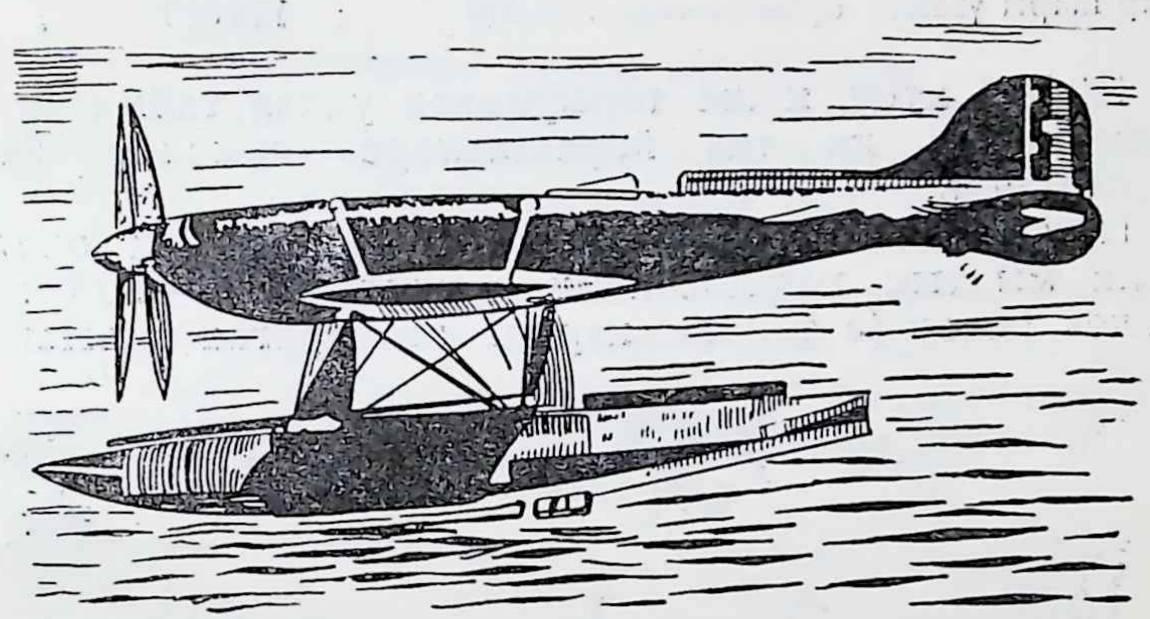
1 нче рәсем. Үтә тиз йөрешле совет поезды (инженер Полуян проекты).

хәрәкәтләр белән чагыштырганда да, кешенең йөреш тизлеге бөтенләй башкача күренер. Дөрес, тигез җирләрдәге елгалар агышын кеше бик җиңел узып китә ала һәм уртача җилдән дә әллә ни артта калмый. Ләкин секундка 5 метр тизлек белән очып баручы чебен белән кеше чаңгыда гына ярышса ярыша алыр иде. Куянны яки ау этен кеше юыртып баручы ат белән дә узып китә алмый. Каракош тизлеге белән кеше самолетта гына ярыша ала.

Кеше, үзе уйлап чыгарган машиналар ярдәмендә, дөньяда иң җитез тереклек иясенә әверелде. Коры җирдә кеше судагыдан тизрәк хәрәкәт итә. Җиңел крейсер сәгатькә 75 километр чамасы тизлек белән бара. Хәлбуки хәзер рельслы юлларда сәгатькә 175 километр тизлек белән йөрүче электр поездлары да бар; камилләштерелгән конструкцияле вагоннар хәтта сәгатькә 206 километр тизлек күрсәтәләр. Бездә, СССР да, үтә тиз йөрешле поезд (автомотрисса) конструк-

циясе эшләнде; ул гади рельслы юлда сәгатькә 250 километргa кадәр тизлек белән йөрергә мөмкинлек бирәчәк (1 нче рәсем). Бу яктан автомобиль тагын да алгарак китте: 1932 нче елгы ярышта бер машина сәгатькә 435 километр тизлеккә иреште.

Бу тизлекләрнең барысын да авиация бик күп узып китте. Самолет гадәттә сәгатькә 400—500 *км* оча.



2 нче рәсем. Гидросамолет; сәгатькә 709,2 километр тизлек белән оча.

Самолетның очу тизлеге реактив двигательләр куллана башлау белән тагын арта төште. Хәзерге вакыттагы реактив самолетлар сәгатькә 1 000 километр тизлек белән очалар; бу инде тавыш тизлегенә якыная (тавышның һавадагы тизлеге сәгатькә 1 200 километр чамасы)[1].

Түбәндәге тизлекләр таблицасы белән укучылар кызыксынырлар дип уйлыйм.

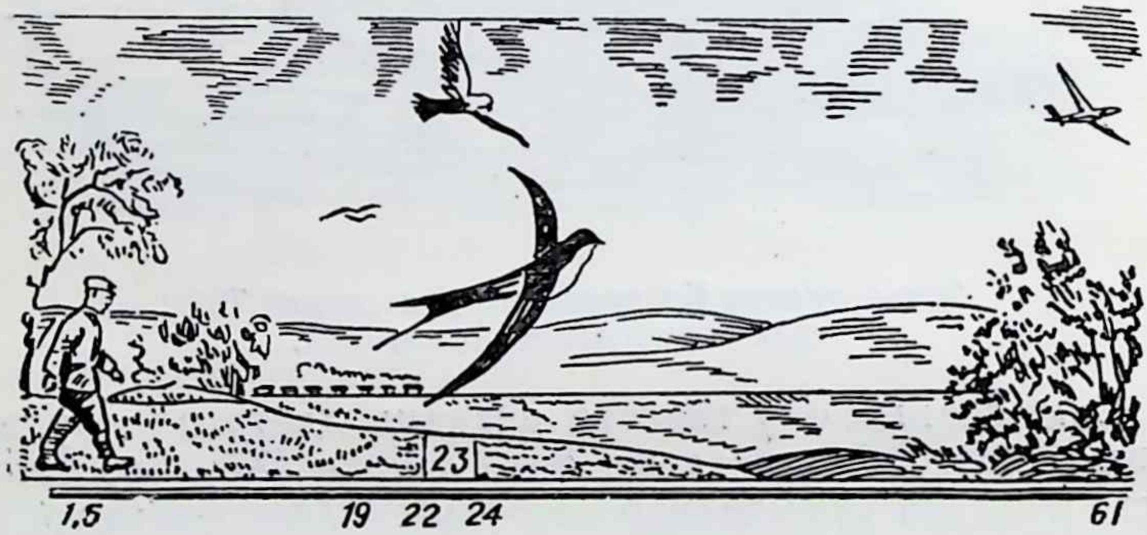
| | | |
|---|---|---|
| Әкәм-төкәм . . . . . . . . . . | 1,5 *мм/секунд* | 5,5 *м/сәгать* |
| Ташбака . . . . . . . . . . . . | 20 „ | 70 „ |
| Балык . . . . . . . . . . . . . | 1 *м/секунд* | 3,5 *км/сәгать* |
| Җәяүле . . . . . . . . . . . . | 1,5 „ | 5 „ |
| Атлы (атлатып кына барганда) . | 1,7 „ | 6 „ |
| Атлы (юыртып барганда) . . . . | 3,5 „ | 12,6 „ |
| Чебен . . . . . . . . . . . . . | 5 „ | 18 „ |
| Чаңгылы . . . . . . . . . . . . | 5 „ | 18 „ |
| Атлы (чаптырып барганда) . . . | 8,5 „ | 30 „ |

[1] Хәзерге самолетларның тизлеге тавыш тизлегеннән дә артыграк.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Линкор . . . . . . . . . . . . . . | 13,5 | " | 50 | " |
| Куян . . . . . . . . . . . . . . | 18 | " | 65 | " |
| Җинел крейсер . . . . . . . . | 22 | " | 80 | " |
| Каракош . . . . . . . . . . . . | 24 | " | 86 | " |
| Ау эте . . . . . . . . . . . . | 25 | " | 90 | " |
| Поезд . . . . . . . . . . . . . . | 57 | " | 206 | " |
| Автомобиль . . . . . . . . . . | 120 | " | 435 | " |
| Самолет-истребитель . . . . . . | 250 | " | 900 | " |
| Тавыш (һавада) . . . . . . . . . | 330 | " | 1200 | " |
| Җир шары үзенең орбитасында . | 30 000 | " | 108 000 | " |

Шулай итеп, кеше тарафыннан уйлап табылган машиналарның иң тиз йөрешлеләре — самолет белән автомобиль.

Пулялар һәм снарядлар тагын да тизрәк очалар. Пуля мылтык көпшәсеннән секундка 800—900 метр тизлек белән (ә танкка каршы ата торган мылтыктан




3 нче рәсем. Самолет тизлеге (секундка 61 метр), карлыгач тизлеге (секундка 24 метр), каракош тизлеге (секундка 23 метр), тиз йөрешле поезд тизлеге (секундка 22 метр) күгәрчен тизлеге (секундка 19 метр) һәм җәяүле кеше тизлеге (секундка 1,5 метр) арасында ярыш.

1600 $\frac{м}{секунд}$ тизлек белән) атылып чыга, димәк, ул экваторда да „Кояштан узып китә“ алыр иде. Хәзерге вакыттагы туплардан снарядларның атылып чыгу тизлеге 2000 $\frac{м}{секунд}$ ка җитә; очып барганда аларның тизлекләре әкренләп кими, әлбәттә.

Күптән түгел генә әле, суык яктан җылы якка күчкәндә кошлар бик тиз очалар дип уйлыйлар иде. Мәсәлән, бу чорда карлыгач сәгатькә 300 километрдан

артык тизлек белән оча дигән фикер бар иде. Ләкин, тикшереп караулар бу уйларның ялгыш икәнен күрсәтте; хәтта иң тиз очучы кошларның да сәгатькә 90 километрдан артык оча алмаганы беленде. Хат йөртүче күгәрченнең тизлеге — 19 *м/секунд*, каракошның 23—24 *м/секунд*, карлыгачның —24 *м/секунд* (3 нче рәсем).

## Тизлекне ничек күрсәтергә

Көнкүрештә тизлекне бер сәгать эчендә узылган километрлар саны белән аңлаталар; техникада исә аны бер секунд эчендә узылган метрлар, ә фәндә сантиметрлар саны белән күрсәтәләр. Спортчылар һәм физкультурниклар үзләренең тизлекләрен 100 метр араны узуга киткән секундлар саны белән билгелиләр. Бер үк тизлекне төрле профессия кешеләре төрлечә күрсәтәләр. Мәсәлән, түбәндәгечә:

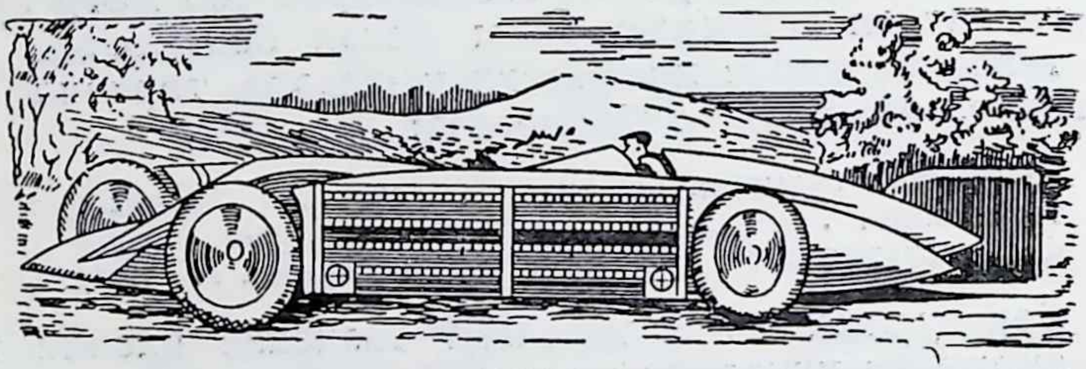
специалист булмаган кешеләр . . сәгатькә 18 километр
техниклар . . . . . . . . . . . . 5 *м/секунд*
физкультурниклар . . . . . . . . 20 секундта 100 метр.

Бер зурлык белән әйтелгән тизлекне икенче төрле зурлыкка күчереп исәпләү читен түгел. Ләкин исәпхисапсыз гына түбәндәге шкаладан (4 нче рәсем) файдаланырга да мөмкин. Аннан файдалануны озак аңлатып торасы юк: бер үк тизлекләрне аңлатучы саннар берсе астына берсе туры килә. Ләкин сәгатькә 36 километрдан арткан тизлекләр өчен аз гына исәпләүләр дә кирәк була.

4 нче рәсем. Тизлекләрне бер зурлыктан икенче зурлыкка күчерү схемасы.

## Кояштан да, Айдан да тизрәк

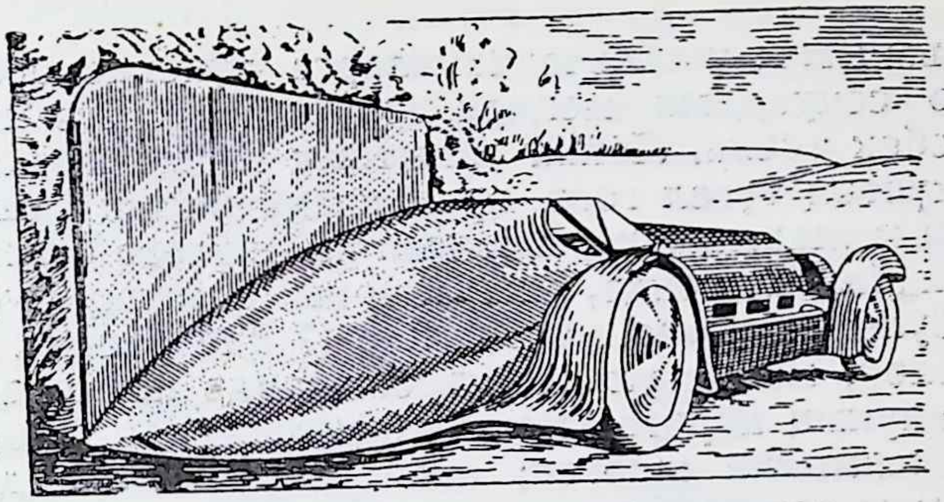
1896 елда уздырылган автомобиль ярышларында (Париж белән Брест арасында) иң зур тизлек сәгатькә 20 километр, ягъни секундка 6 метр булган. Ул заманда бу тизлек автомобиль өчен зур триумф исәпләнгән. Ләкин бер елдан соң ук бу тизлек ике тапкыр арттырылды, ә 1907 елда автомобильләрнең тизлеге биш тапкыр үсте, ягъни секундка 30 метрга, ә сәгатькә 108 километрга кадәр җитте. Секундка 30 метр тизлекнең никадәр зур икәнен күз алдына китерү өчен, кул белән бөтен көчне куеп ыргытылган ташның беренче секундтагы тизлеге 15 кенә метр икәнен искәреп үтик.



5 нче рәсем. Сәгатькә 370 километр тизлек күрсәткән автомобиль.

Ләкин, югарыда әйткәнебезчә, бу тизлекләр машиналар булдыра ала торган тизлекнең һич тә соңгы чиге түгел: 1923 елда уздырылган автомобильләр ярышында сәгатькә 219 километр тизлеккә ирешелде. 1929 елда исә моңа кадәр һичбер ишетелмәгән зур тизлек — сәгатькә 370 *км* яки секундка 100 метр тизлеккә ирештеләр (5 нче рәсем). Бу да әле соңгы чик булып калмады. 1932 елда чабыш машинасының тизлеге сәгатькә 435 *км* га җитте (6 нчы рәсем).

Андый автомобиль белән поляр киңлек сызыкларында „Кояшны (төгәлрәк әйткәндә, Җирне) куып җитеп узып китәргә“ мөмкин. 77 нче параллельдә (Яңа Җир) Җир шарының үз күчәре тирәсендә әйләнү тизлеге күпме булса, ул автомобильнең тизлеге дә шулкадәр. Ул машинада баручы кешегә Кояш һәрвакыт бер урында гына торган кебек күренер, көнбатышка таба һич авышмас.



6 нчы рәсем. 1932 елда сәгатькә 435 *км* тизлек күрсәтеп рекорд казанган автомобиль.

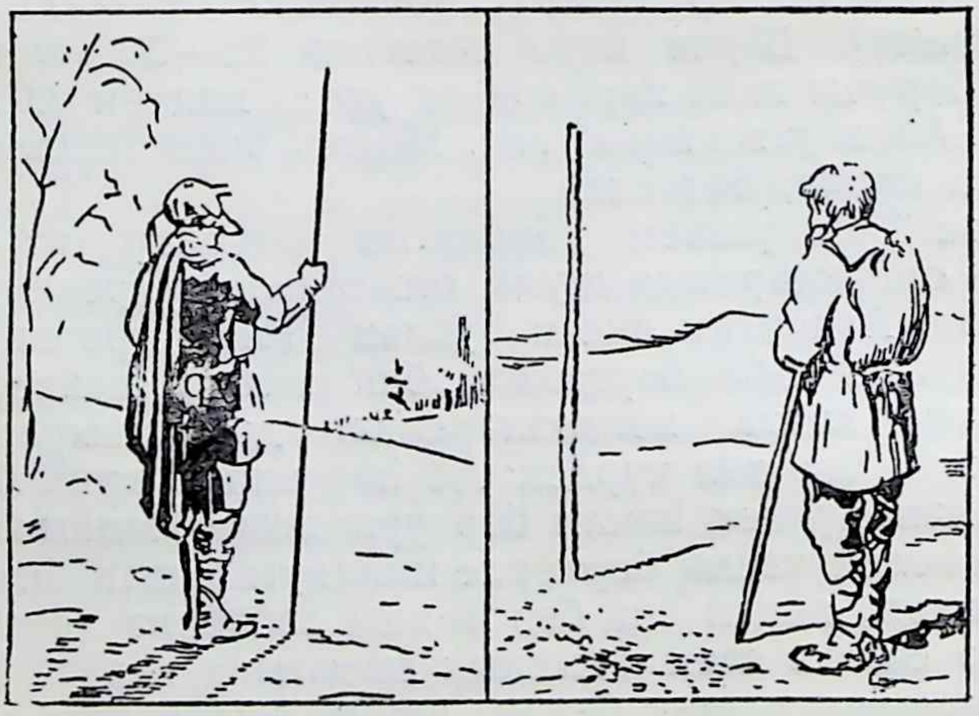
Җир шары тирәсендә әйләнеп йөрүче „Айны узып китү“ тагын да ансатрак. Айның Җир тирәсендә әйләнеп йөрү хәрәкәтеннән (аның тәүлек эчендәге күренмә хәрәкәтеннән түгел), узып „могҗиза ясау“ өчен, поляр киңлекләргә китүнең һәм искиткеч тизлек белән хәрәкәт итүнең һич тә кирәге юк. Айның Җир тирәсендә әйләнүе Җирнең үз күчәре тирәсендә әйләнүенә караганда 29 тапкыр акрынрак (биредә, әлбәттә, сызыкча тизлекләр түгел, „почмакча“ тизлекләр чагыштырыла). Шуңа күрә сәгатькә 25—30 *км* тизлек белән баручы гади пароход та урта киңлек сызыкларында „Айны узып китә“ ала. Моның өчен тиешле якка барырга кирәк, билгеле.

Марк Твен үзенең „Беркатлы кешеләр чит илдә“ исемле очеркларында шуңа ошаганрак күренешләрне искә ала. Атлантик океан буйлап Нью-Йорктан Азор утрауларына таба барганда „бик матур җәйге һава, ә төннәре хәтта көндезләреннән дә яхшырак иде. Без гаҗәп бер хәл күрдек: Ай һәр кичен нәкъ бер вакытта һәм күкнең һаман бер урынында калкып чыга. Айның болай үзенә бертөрле кылануы башта безгә аңлашылмады, аннан соң без моның сәбәбенә төшендек: без һәр сәгать саен озынлык сызыгына карата 20 минут почмакча тизлек белән, ягъни Айдан һичбер артка калмаслык тизлек белән көнчыгышка таба бара идек“.

## Секундның меңнән бер өлеше

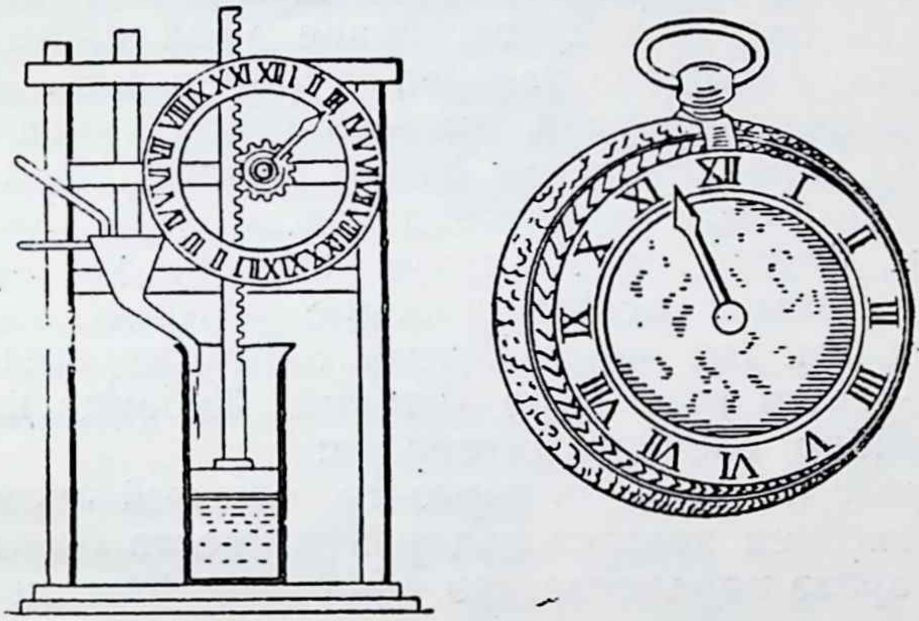
Без вакытны үзебезчә чамаларга күнеккәнбез, шуңа күрә секундның меңнән бер өлеше безгә нульгә тигез кебек тоела. Ләкин вакытның андый кыска өлеше дә күптән түгел генә практикада очрый башлады. Вакытны кояшның югарылыгына яки күләгә озынлыгына карап билгеләгәндә, минутларны чамалау турында да сүз булырга мөмкин түгел иде (7 нче рәсем). Электә кешеләр, минут ул юк дәрәҗәсендә кечкенә, аны исәпкә алуның кирәге юк дип уйлаганнар. Борынгы кеше ашыкмыйча яшәгән; аның кояш сәгатендә яки су һәм ком сәгатьләрендә минутларны күрсәткән сызыклар булмаган (8 нче рәсем). XVIII гасыр башында сәгатьләргә минутларны белдерүче ук куя башлаганнар, ә секундларны күрсәтүче ук XIX гасыр башында гына куелган.

Секундның меңнән бер өлеше эчендә ни булуы мөмкин соң? Бик күп эш! Дөрес, курьер поезды бу кыска вакыт эчендә 1—1,5 сантиметр гына юл үтә, ләкин самолет 10 *см*, тавыш хәтта 30 *см* юл уза. Җир шары үзенең Кояш тирәсендәге хәрәкәтендә секундның меңнән бер өлеше эчендә 30 *м*, ә яктылык нуры 300 *км* га китеп өлгерә.



Рәсем 7. Вакытны Кояшның югарылыгына карап (сулда) һәм күләгә озынлыгына карап (уңда) белү.

Безнең әйләнә-тирәбездәге вак тереклек ияләре фикер йөртә алсалар, секундның меңнән бер өлешен юк дәрәҗәсендәге кыска вакыт дип санамаслар иде. Бөҗәкләр өчен ул шактый озын вакыт. Озынборын үзенең канатларын бер секундта 500—600 тапкыр җилпеп ала; димәк, секундның меңнән бер өлеше эчендә ул үзенең канатларын бер тапкыр күтәреп яки төшереп өлгерә.



8 нче рәсем. Сулда — борын заманда кулланылган су сәгате. Уңда — элекке замандагы кесә сәгате. Аларның икесендә дә минутларны күрсәтүче ук юк.

Кеше үзенең әгъзаларын бөҗәкләр кадәр тиз хәрәкәтләндерә алмый. Безнең иң тиз хәрәкәтебез — күз ачып йому; бик тиз эшләнүне аңлатасыбыз килсә, „күз ачып йомган арада“ дибез. Ул шулкадәр тиз булып ала, хәтта без күз алдыбызның вакытлыча караңгыланып китүен дә сизми калабыз. Ләкин гадәттән тыш зур тизлекнең синонимы булып саналган бу хәрәкәтне, секундның меңнән бер өлеше белән үлчәгәндә, аның шактый акрын булуын күп кеше белми. Бер „күз ачып йому“, төгәл үлчәүләргә караганда, уртача 2/5 секунд, ягъни секундның меңнән 400 өлеше кадәр дәвам итә. Күз ачып йому түбәндәге фазалардан тора: күз кабагының түбән төшүе (секундның меңнән 75—90 өлеше кадәр вакыт), ябылган күз кабагының хәрәкәтсез торуы (секундның меңнән 130—170 өлеше кадәр вакыт), күз кабагының ачылуы (секундның меңнән 170 өлеше).

Күрәсез, „күз ачып йому“ вакыты, күп кеше уйлаганча, гадәттән тыш кыска вакыт түгел; ул шактый озын, хәтта шул арада күз кабагы бераз ял итеп тә өлгерә ала. Әгәр дә без секундның меңнән бер өлеше эчендә булган күрү тойгыларын аерым-аерым итеп тота алсак, күз ачып йому вакытында күз кабагыбызның салмак кына ябылуын һәм, бераз тик торганнан соң, салмак кына ачылуын күрер идек.

Әгәр безнең нерв системабыз шулай тиз сизә ала торган итеп төзелгән булса, безне урап алган дөнья танымаслык дәрәҗәдә үзгәреп күренер иде. Безнең күрү нервларыбыз шулай тиз эшләгәндә нинди гаҗәп картиналар күренүен язучы Уэллс үзенең „Иң яңа тизләндергеч“ исемле хикәясендә тасвирлый. Хикәянең геройлары фантастик микстура эчәләр, ул даруның нерв системасына ясаган тәэсире нәтиҗәсендә тою органнары бик тиз арада булып алган күренешләрне дә аерым-аерым итеп күрә башлый. Түбәндә шул хикәядән кайбер өзекләр китерәбез:

— Тәрәзә пәрдәсенең тәрәзәгә шундый әкәмәт рәвештә эленгәнен хәзергә кадәр күргәнегез бар идеме?

Мин тәрәзә пәрдәсенә күз төшердем һәм аның бер почмагын җил ничек күтәргән булса, шулай катып калгандай булуын күрдем.

— Бер вакытта да күргәнем юк,— дидем мин.— Бу нинди сәер эш!

— Ә бусы ничек?— диде ул, стакан тотып торган бармакларын җәеп җибәреп.

Мин, стакан хәзер төшеп ватылыр дип уйлаган идем, ә ул урыныннан да кузгалмады: һавада хәрәкәтсез эленеп калды.

— Җиргә төшүче әйбернең беренче секунд эчендә биш метр төшүен сез беләсез инде, — диде Гибберн.— Беренче секундта стакан да шул 5 метр юлны уза,— ләкин, сез аңлыйсызмы, хәзер әле секундның йөздән бер өлеше дә узганы юк[1]. Бу сезгә минем „тизләндергечемнең“ көчен аңлата.

Стакан әкрен генә төшеп бара. Гибберн стаканның

[1] Биредә шуны да искә алырга кирәк: югарыдан төшүче әйбер секундның йөздән бер өлеше эчендә 5 метрның йөздән бер өлешен түгел, 10 000 нән бер өлешен, ягъни ярты миллиметр гына уза ($S = 1/2\ gt^2$ формуласы белән исәпләгәндә), ә секундның меңнән бер өлеше эчендә нибары 1/200 миллиметр гына юл үтә.

әйләнә-тирәсендә, өстендә һәм астында кулын йөртеп чыкты...

Мин тәрәзәдән карадым. Ниндидер велосипедчы бер арбаны куып җитеп бара; велосипедчы да, аның артындагы тузан болыты да бер урында катып калгандай күренә, арба да бер дюйм да алга китми тора.

... Таш кебек катып калган омнибус безнең игътибарны җәлеп итте. Тәгәрмәчләрнең өске кырыйлары, ат аяклары, чыбыркы очы, кучерның ияге (бу вакытта кучер авызын ачып исни башлаган иде) — барысы да бик әкрен генә хәрәкәт итәләр, ләкин ул экипажның башка өлешләре нәкъ катып калгандай иде. Анда утырган кешеләр һәйкәлләр кебек булып күренделәр.

... Ниндидер бер кеше, бөтен көче белән җилгә каршы көрәшеп, газетын бөкләгән чакта катып калган. Безнең өчен бу җил юк иде.

... Югарыда сөйләнгән хәлләр, минем уйларым һәм мин эшләгән эшләр барысы да, организмыма „тизләндергеч" үтеп кергән вакыттан башлап миңа бик әкрен кебек күренсәләр дә, башка кешеләрнең һәм бөтен галәмнең карашында күз ачып йомган арада булдылар".

Укучылар менә бу сорау белән дә кызыксынырлар: хәзерге фәндә кулланыла торган җайланмалар ярдәмендә үлчәргә мөмкин булган иң кыска вакыт күпме? Бу гасырның башында ул иң кыска вакыт секундның 10 000 нән бер өлеше иде; ә хәзер физик кеше үзенең лабораториясендә (электр методы белән) секундның 10 000 000 000 тан бер өлешен дә үлчи ала. Бер секунд вакыт 300 ел вакыттан ничә тапкыр кечкенә булса, бу вакыт секундтан шулкадәр кечкенәрәк.

## Вакыт лупасы

Уэллс үзенең „Иң яңа тизләндергеч" исемле хикәясен язганда, шуңа охшаган нәрсә чыннан да тормышка ашырылыр дип уйламагандыр. Шулай да ул кайчандыр үзенең хыялында тудырылган картиналарны, кино экранында гына булса да, үз күзе белән күрә алу көненә кадәр яшәде. „Вакыт лупасы" дип аталган кинематография, гадәттә бик тиз арада булып үтә торган күренешләрне экранда акрынайтылган темп белән күрсәтә.

„Вакыт лупасы“ да кинематография фотоаппараты; ләкин ул гади киноаппаратлар кебек секундка 16 рәсем генә түгел, күп тапкыр артыграк рәсем төшерә ала. Әгәр кинолентага шул рәвешчә төшерелгән берәр күренешне экранда күрсәтсәк һәм лентаны, гадәттәгечә, секундка 16 кадр тизлек белән күчерсәк, ул күренеш озакка сузылыр һәм нормаль хәлдәге тизлектән күп тапкыр акрынрак булыр. Сезнең экранда, гадәттә булмаганча бик салмак кына, акрын гына сикерүләрне һәм башка шундый акрынайтылган процессларны күргәнегез бардыр. Тагын да катлаулырак төзелештәге шундый аппаратлар ярдәмендә, күренешләрне тагы да акрынайтырга һәм, хәтта, Уэллсның хикәясендә язылганча күрсәтергә мөмкин.

## Көндезме яки төнләме?

Бервакыт Париж газетларында „25 сантим акча түләгән һәрбер кешегә бик арзан һәм һичбер мәшәкатьсез сәяхәт итү юлы өйрәтелә“ дигән игълан басылып чыга. Юкка-барга ышанучы кешеләр табыла, алар соралган 25 сантимны җибәрәләр. Алар һәркайсы почта аша түбәндәге җавапны алалар:

„Гражданин, караватыгызда тыныч кына ятыгыз, һәм безнең Җирнең әйләнүен истә тотыгыз. Париж урнашкан 49 нчы параллель сызыгында сез һәр тәүлек саен 25 000 *км* дан артык юл узасыз. Әгәр сез матур күренешләр карарга яратсагыз, тәрәзә пәрдәсен күтәрегез дә йолдызлы күк картинасына карап сокланыгыз“.

Бу шуклыкны эшләүче алдалаган өчен хөкемгә тартыла, һәм ул хөкем карарын тыңлагач, үзенә салынган штрафны түли дә театраль позада басып, тантаналы рәвештә, Галилейның данлыклы сүзләрен әйтә:

— Ә шулай да ул әйләнә![1]

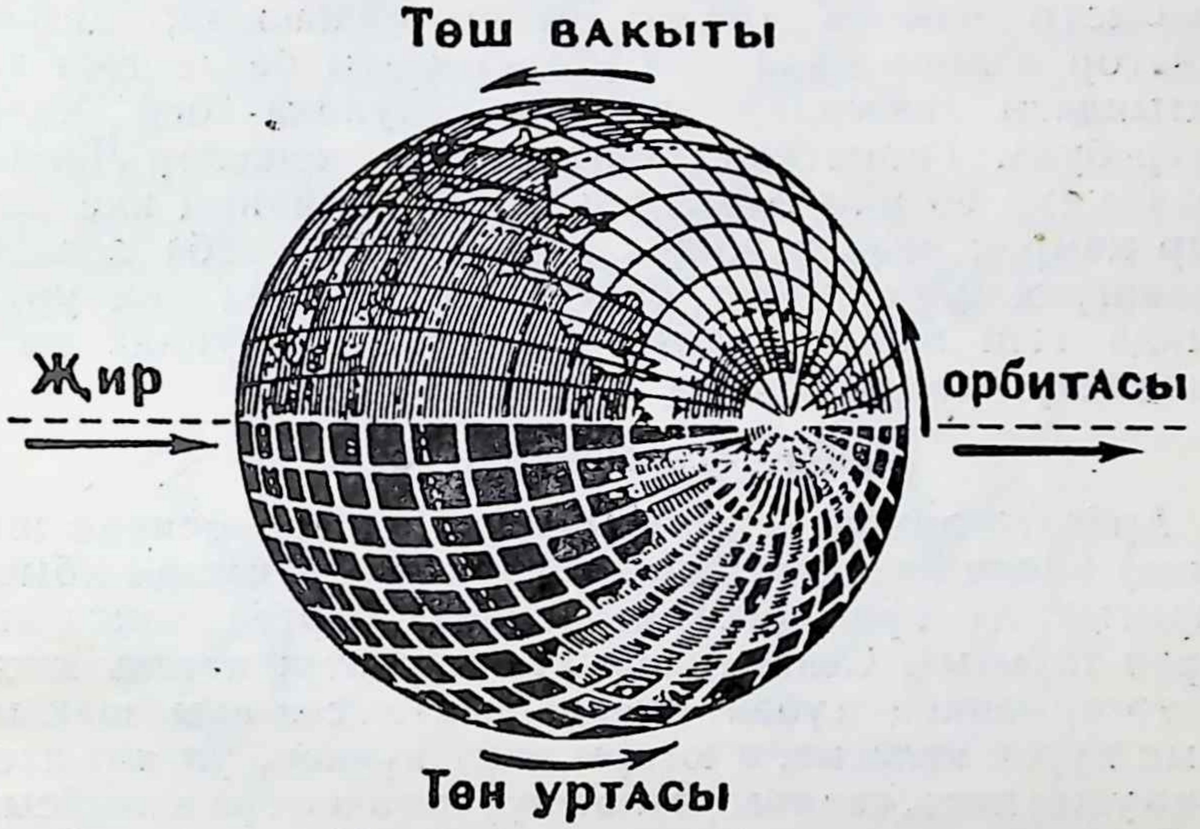
Гаепләнүче кеше икеләтә хаклы булган, чөнки Җир шарында яшәүчеләр барысы да, Җир шары күчәре тирәсендә әйләнеп „сәяхәт итү“ генә түгел, Җир шары белән бергә Кояш тирәсендә тагын да зуррак тизлек белән күчеп баралар. Безнең планетабыз, анда яшәүчеләр белән бергә, үз күчәре тирәсендә дә һәм, һәр

---

[1] Биредә сүз Җир әйләнүе турында бара.

секунд саен 30 *км* тизлек белән, Кояш тирәсендә дә әйләнеп йөри.

Бу мәсьәләгә карата шундый кызык сорау бирергә мөмкин: Кояш тирәсендә без кайчан тизрәк хәрәкәт итәбез — көндезме яки төнләме?




9 нчы рәсем. Җир шарының төн булган ягында кешеләр көн булган яктагы кешеләргә караганда Кояш тирәсендә тизрәк хәрәкәт итәләр.

Мондый сорау кешене аптырашта калдыруы мөмкин: Җирнең бер ягында көн булса, икенче ягында төн була бит; алай булгач, бу сорауның нинди мәгънәсе бар соң? Һичбер мәгънәсе юк шикелле.

Ләкин алай түгел. Җир шары кайчан тизрәк хәрәкәт итү турында сорау куелмый, ә бәлки без — Җирдә яшәүчеләр — йолдызлар арасында кайсы вакытта тизрәк хәрәкәт итәбез дигән сорау бирелә. Бу инде мәгънәсез сорау түгел. Кояш системасында без ике төрле хәрәкәт итәбез. Кояш тирәсендә әйләнеп йөрибез һәм шул ук вакытта Җир күчәре тирәли дә әйләнәбез. Бу ике хәрәкәт бергә кушыла, һәм без Җирнең төнге ягындамы яки көндезге ягындамы булуга карап, ике төрле нәтиҗә килеп чыга. 9 нчы рәсемгә карагыз (анда Җирнең орбитасын бу сызымның яссылыгына карата перпендикуляр дип карарга кирәк) һәм сез төн уртасында Җирнең әйләнү тизлеге аның орбита буйлап

бару тизлегенә өстәлгәнен, ә көндез, киресенчә, аннан алынганын аңларсыз. Димәк, без Кояш системасында төн уртасында көндезгегә караганда тизрәк хәрәкәт итәбез.

Җирнең экваторындагы ноктәлар секундка ярты километр чамасы тизлек белән әйләнәләр; димәк, экватор полосасында төн уртасындагы белән төш вакытындагы тизлекләр аермасы секундка бер километр була. Геометрия белән таныш кешеләр Ленинградта (ул 60 нчы параллельдә) бу аерманың ике тапкыр кимрәк икәнен җиңел генә исәпләп таба алалар: ленинградлылар Кояш системасында ярты төн уртасында төш вакытындагыга караганда секундка ярты километр чамасы тизрәк хәрәкәт итәләр.

## Арба тәгәрмәченең сере

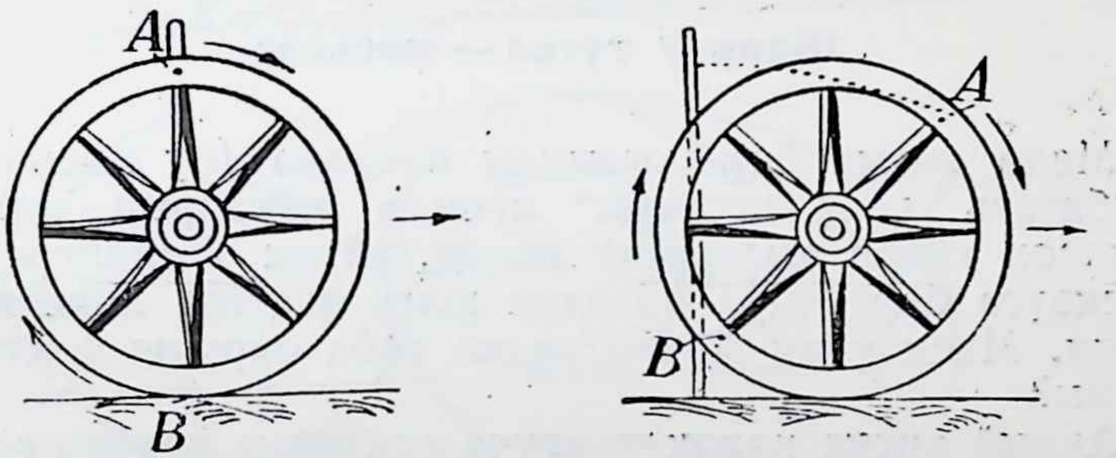
Арба тәгәрмәченең тугымына (яки велосипед шинына) нинди булса да бер төскә буялган кәгазь ябыштырыгыз да арба (яки велосипед) барган чакта аңа карап торыгыз. Сезгә гаҗәп хәл күренер: кәгазь кисәге тәгәрмәчнең түбән ягында чакта сез аны шактый ачык күреп каласыз, ә югары якка күчкәч, ул ялт итеп кенә узып китә, сез аны рәтләп күреп тә өлгерә алмыйсыз.

Тәгәрмәчнең югарыгы ягы түбәнге ягыннан тизрәк хәрәкәт иткәндәй күренә. Тиз генә бара торган арба тәгәрмәчләренең югарыгы һәм түбәнге кигиләрен чагыштырып карап торганда да шул ук хәлне күрәсең. Югарыгы кигиләр бер-берсе белән тоташкандай булып, ә түбәнгеләре аерым-аерым күренәләр. Монда да тәгәрмәчнең югарыгы ягы түбәнге ягыннан тизрәк хәрәкәт иткән кебек күренә.

Бу сәер күренешнең сере нәрсә соң? Бары тик шул гына: тәгәрәп баручы тәгәрмәчнең югарыгы ягы түбәнге ягына караганда чынлап та тизрәк хәрәкәт итә. Бер караганда бу мөмкин дә түгел кебек тоела, ләкин гади генә фикер йөртү моның дөреслегенә ышандыра. Тәгәрәп баручы тәгәрмәчнең һәрбер ноктасы бер үк вакытта ике хәрәкәт ясый: күчәр тирәсендә әйләнеп йөри һәм күчәр белән бергә алга таба да бара. Биредә дә Җир шарында „сәяхәт“ итүдәге кебек хәл була: ике хәрәкәт кушыла, ләкин, тәгәрмәчнең югарыгы ягында бу кушылуның нәтиҗәсе бер төрле, ә түбәнге ягында икенче төрле

була. Тәгәрмәчнең югарыгы ягында әйләнү хәрәкәте дә, алга бару хәрәкәте дә бер якка булганлыктан, алар кушылалар. Түбәнге якта исә тәгәрмәчнең әйләнүе алга бару юнәлешенә кире була, димәк, алга бару тизлегеннән әйләнү тизлеге алына. Шуңа күрә дә, бер урында тик торып күзәтүчегә карата, тәгәрмәчнең югарыгы ягы түбәнге ягына караганда тизрәк хәрәкәт итә.

Моның чынлап та шулай икәнен гади тәҗрибә белән аңларга мөмкин, ул тәҗрибәне уңайлы вакыт туры килгәндә ясарга кирәк. Туктап торган арбаның тәгәрмәче янына, нәкъ күчәр каршына бер таяк кадап куегыз.




10 нчы рәсем. Тәгәрмәчнең югарыгы өлеше түбәнге ягына караганда тизрәк хәрәкәт итә. Кадап куелган таяк яныннан тәгәрәтеп җибәрелгән тәгәрмәчтәге *A* һәм *B* нокталарының таяктан күпме ераклыкка китүләрен чагыштырып карагыз (уң якта).

Тәгәрмәч тугымының иң югарыгы һәм түбәнге нокталарына акбур яки күмер белән тамга салыгыз. Тамгалар икесе дә таяк каршында торалар (10 нчы рәсем). Хәзер арбаны уң якка таба күчерегез; арбаның таяк каршындагы күчәре аннан 20—30 сантиметрга авышсын. Шул вакыт тамгаларның таяктан күпме ераклыкта булуын тикшерегез. Югарыгы *A* тамгасы түбәнге *B* тамгасына караганда шактый еракрак киткән, ә *B* бик аз гына авышкан булыр.

### Тәгәрмәчнең иң әкрен хәрәкәт итүче урыны

Арба барганда аның тәгәрмәченең барлык нокталары да бертигез тизлек белән хәрәкәт итмәгәнне югарыда күрдек. Тәгәрәп баручы тәгәрмәчнең кайсы урыны барыннан да акрынрак хәрәкәт итә соң?

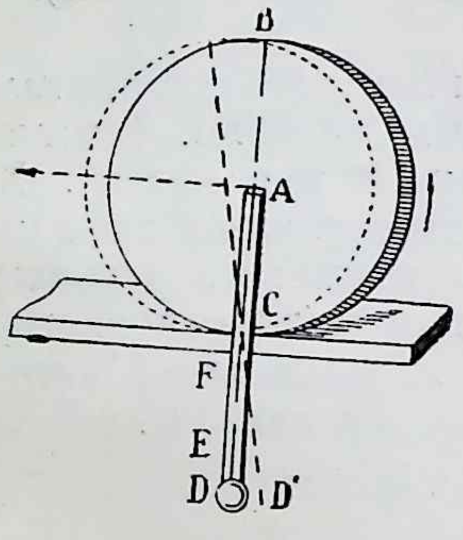
Безкүзәтеп торган моментта тәгәрмәчнең кайсы нокталары җиргә орынган булса, шул нокталарның барыннан да акрынрак хәрәкәт итүләренә төшенү кыен түгел. Төгәлрәк итеп әйткәндә, ул нокталар җиргә орынган моментта бөтенләй хәрәкәтләнмиләр.

Югарыда сөйләнгәннәр, хәрәкәтсез күчәр тирәсендә әйләнүче тәгәрмәчкә карата түгел, бары тик тәгәрәп баручы тәгәрмәчкә карата гына дөрес. Мәсәлән, маховик тәгәрмәчнең югарыгы һәм түбәнге нокталары бертигез тизлек белән хәрәкәт итәләр.

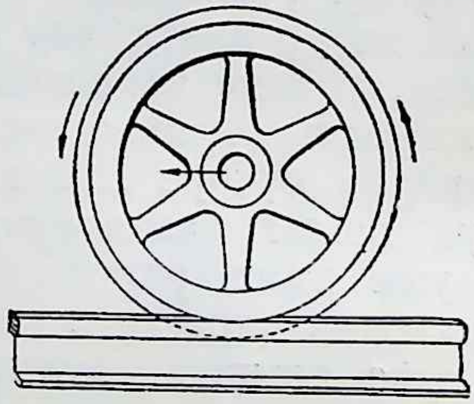
## Шаярту түгел — мәсьәлә

Менә тагын бер кызыклы мәсьәлә (бу мәсьәләне „Табигать парадокслары“ исемле китапның авторы Гампсон уйлап чыгарган): поезд, әйтик, Ленинградтан Мәскәүгә бара; шул поездда юлга карата кире якка, ягъни, Мәскәүдән Ленинградка таба баручы нокталар бармы?

Андый артка хәрәкәт итүче нокталар һәрбер вагонда, теләсә кайсы моментта иң кимендә дүртәү (яки сигез) була. Кайда соң ул нокталар?



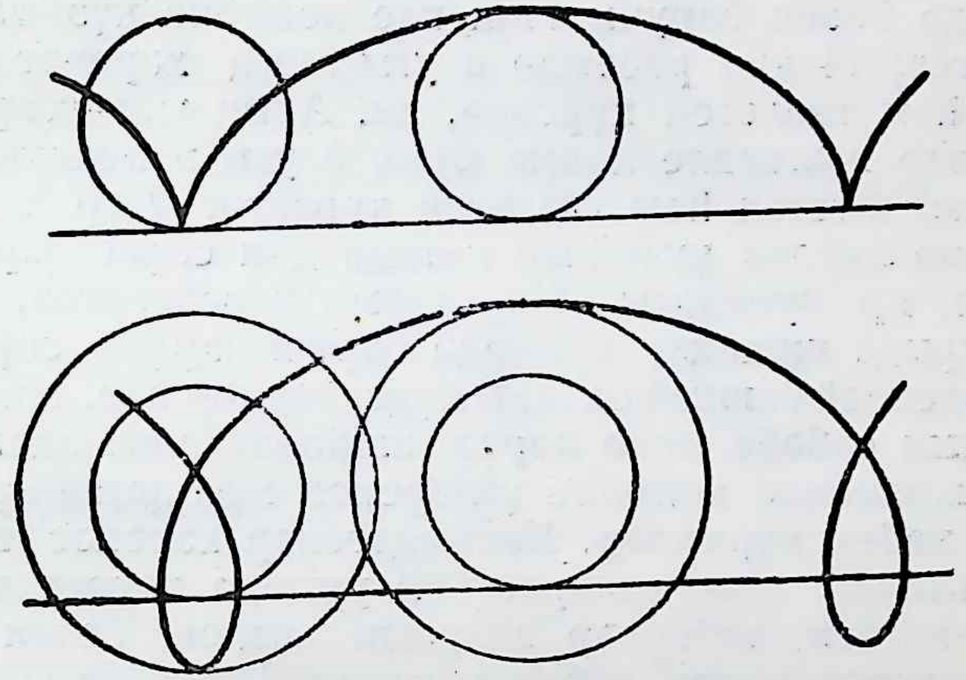

11 нче рәсем. Түгәрәк әйбер һәм шырпы белән тәҗрибә. Тәгәрмәч сул якка тәгәрәгәндә шырпының түбән таба чыгып торган башындагы *F*, *E*, *D* нокталары кирегә хәрәкәт итәләр.



12 нче рәсем. Тимер юл вагоны тәгәрмәче сулга таба тәгәрәгәндә аның калкып торган кырыеның түбәнге өлеше уңга, ягъни кире якка таба хәрәкәт итә.

Вагон тәгәрмәчләре тугымының кырында калкып торган сырты (ребордасы) барлыгын сез беләсез инде. Әнә шул сыртның иң түбәнге ноктасы поезд барган вакытта алга түгел, артка таба бара икән! Моның шулай икәнен тәҗрибә ясап тикшерергә мөмкин.

Нинди булса да түгәрәк әйбер, мәсәлән, тәңкә яки төймә өстенә балавыз белән шырпы ябыштырып куегыз;



13 нче рәсем. Арба барганда аның тәгәрмәч тугымының һәрбер ноктасы югарыдагы кәкре сызык („циклоида") буйлап хәрәкәт итә. Тимер юл вагоны тәгәрмәченең калкып торган кырыендагы һәрбер нокта түбәнге кәкре сызык буйлап хәрәкәт итә.

ул шырпы түгәрәкнең радиусы өстендә булсын һәм аның шактый күп өлеше түгәрәк кырыеннан читкә чыгып торсын. Хәзер шул түгәрәкне линейка кырыена *C* ноктасын түбән каратып куеп уңнан сулга таба тәгәрәтә башласагыз, шырпының аска чыгып торган башындагы *F*, *E* һәм *D* нокталары алга таба түгел, артка таба авышырлар. Нокта түгәрәкнең кырыннан никадәр ерак торса, түгәрәкне тәгәрәткәндә ул шулкадәр күбрәк артка китә (*D* ноктасы $D^1$ гә күчә).

Тимер юл вагоны тәгәрмәченең калкып торган кырындагы ноктасы да безнең тәҗрибәбездәге шырпы башы кебек хәрәкәт итә (12 нче рәсем).

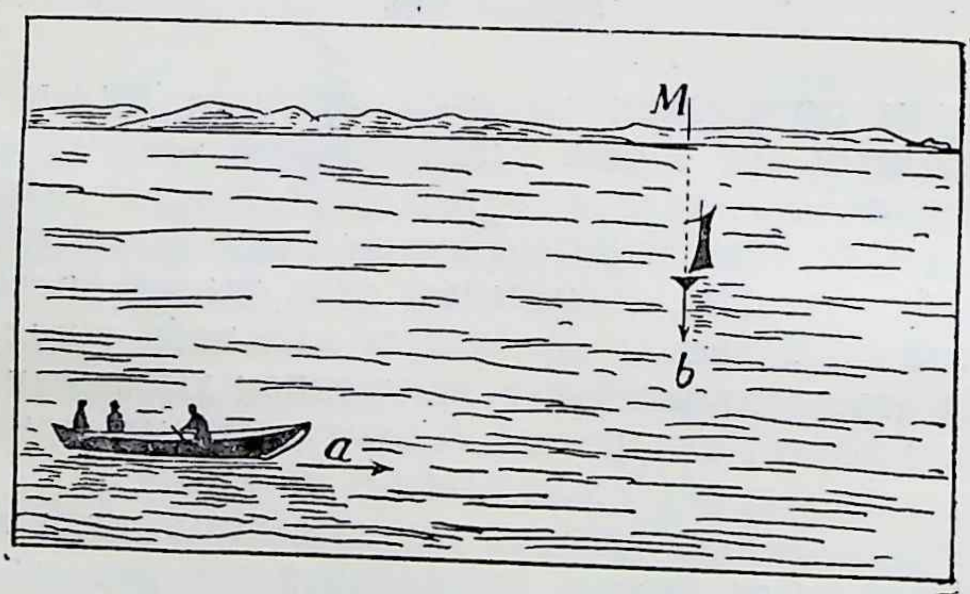
Зур тизлек белән баручы поездда, алга таба түгел, артка таба баручы нокталар булуына сез хәзер

гажәпләнмисез инде. Дөрес, бу хәрәкәт бик кыска вакыт дәвам итә; шулай да, гадәттә күз алдына килә торган хәлнең киресе буларак, бик кызу бара торган поездда артка таба күчү хәрәкәте бар. Югарыда сөйләнгән күренеш 12 һәм 13 нче рәсемнәрдә аңлатыла.

## Көймә кайдан килә?

Күлдә йөзеп баручы ишкәкле көймәне күз алдына китерегез; 14 нче рәсемдә *a* угы аның хәрәкәт юнәлешен һәм тизлеген күрсәтә, ди. Аның юлына аркылы юнәлештә җилкәнле көймә килә; *b* угы җилкәнле көймәнең юнәлешен һәм тизлеген күрсәтә. Әгәр сездән, бу көймә кайдан кузгалып киткән дип сорасалар, сез, әлбәттә, яр буендагы *M* ноктасын күрсәтерсез. Әгәр шул турыда ишкәкле көймәдә баручылардан сорасаң, алар бөтенләй башка ноктаны күрсәтерләр иде. Ни өчен?

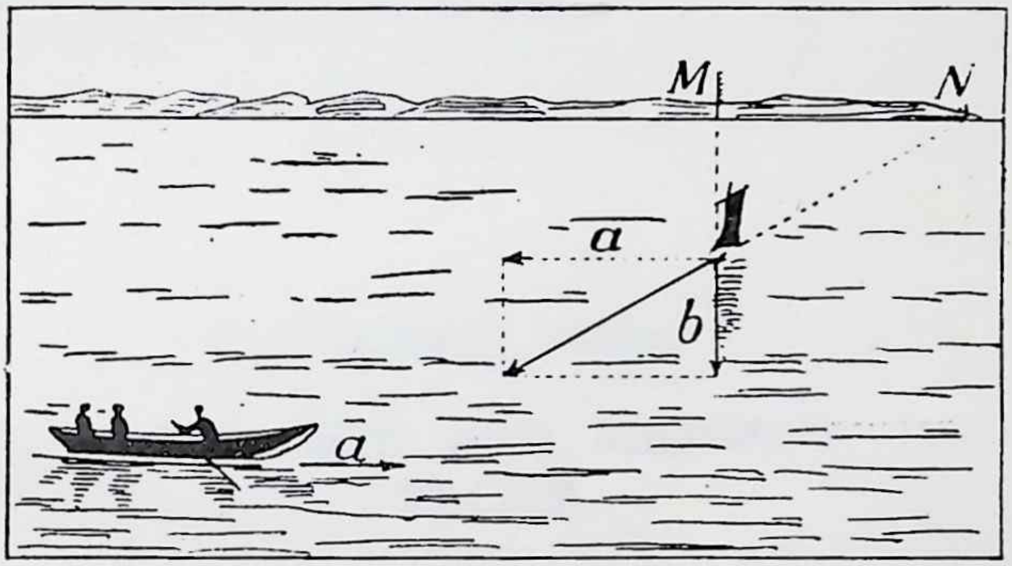
Моның сәбәбе менә нәрсә: ишкәкле көймәдәге кешеләр җилкәнле көймәне үзләренең юлларына аркылы килгән кебек күрмиләр. Көймәдәгеләр хәрәкәт итүләрен сизмиләр: алар үзләрен бер урында торган кебек, ә тирә-яктагы әйберләр аларның тизлеге белән каршыга хәрәкәт иткән кебек күрәләр. Шуңа күрә, алар карашынча, җилкәнле көймә *b* угы юнәлешендә генә түгел, пунктирлы *a* сызыгы юнәлешендә дә хәрәкәт итә (15 нче рәсемне карагыз). Җилкәнле көймәнең чынбар-




14 нче рәсем. Жилкәнле көймә ишкәкле көймә юлына аркылы юнәлештә килә. *a* һәм *b* уклары — аларның тизлекләре. Ишкәкчеләр нәрсә күрәләр?

лыктагы хәрәкәте белән күренмә хәрәкәте параллелограмм кагыйдәсе буенча кушылалар.

Нәтиҗәдә шлюпкадагы юлчыларга җилкәнле көймә *b* һәм *a* укларына төзелгән параллелограммның диагональ сызыгы буйлап килгән кебек күренә. Шуңа күрә аларга җилкәнле көймә, ярның *M* ноктасыннан түгел, ә бәлки ишкәкле көймә барган юнәлештә, шактый ерактагы *N* ноктасыннан килгәндәй тоела (15 нче рәсем).




**15 нче рәсем. Ишкәкчеләргә җилкәнле көймә аларга аркылы юнәлештә *M* ноктасыннан килгән кебек түгел, *N* ноктасыннан кыеклап килгән кебек күренә.**

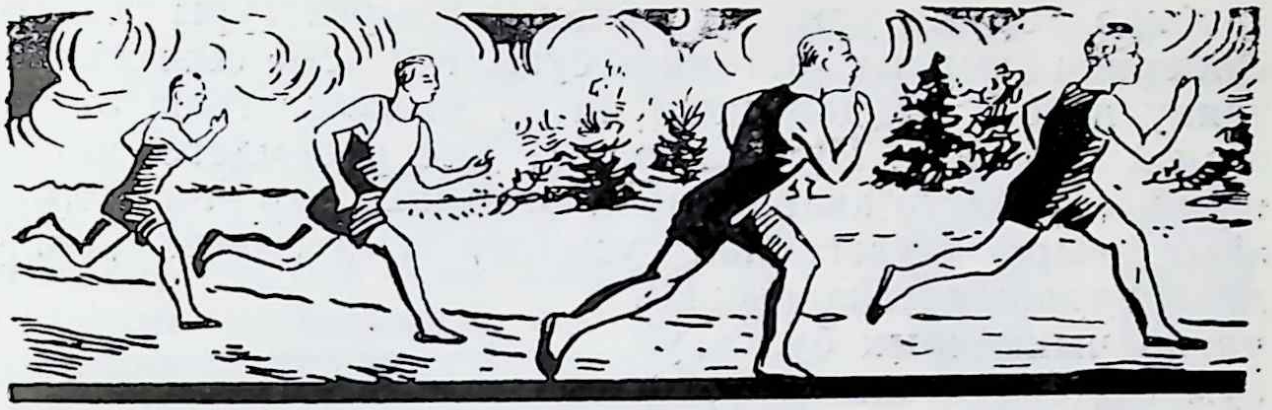
Ишкәкле көймәдәге юлчылар җилкәнле көймәнең кайсы урыннан кузгалып китүе турында ялгыш уйлаганнары кебек, без дә Җир шары белән бергә аның орбитасы буйлап дөнья пространствосында барганда, йолдызларның нурларына карап аларның торган урыннарын билгеләүдә ялгышабыз. Шуңа күрә йолдызлар безгә Җир шары хәрәкәте юнәлешендә берникадәр алгарак авышып күренәләр. Җир хәрәкәтенең тизлеге яктылык тизлеге белән чагыштырганда бик кечкенә әлбәттә (10 000 тапкыр); шунлыктан йолдызларның күренмә авышулары бик аз. Шулай да астрономия приборлары ярдәмендә аны белеп була. Бу күренеш яктылык аберрациясе дип атала.

Әгәр сезне мондый сораулар кызыксындырса, көймә турындагы мәсьәләнең шартларын үзгәртмичә, түбәндәге сорауларга җавап биреп карагыз:

1) Ишкәкле көймәнең юнәлеше җилкәнле көймәдәгеләргә ничек булып күренә?

2) Җилкәнле көймәдәгеләр ишкәкле көймә кая бара дип уйлыйлар?

Бу сорауларга җавап бирү өчен, сезгә *a* сызыгына тизлекләр параллелограммы төзергә туры килә (15 нче рәсем). Җилкәнле көймәдәге кешеләргә ишкәкле көймә, яр буена чыгып туктарга теләгән шикелле, кыеклап баргандай тоела; аның юнәлешен параллелограмм диагонале күрсәтә.



### ИКЕНЧЕ БҮЛЕК

## ҖИР ТАРТУ КӨЧЕ ҺӘМ АВЫРЛЫК. РЫЧАГ. БАСЫМ.

### Басыгыз!

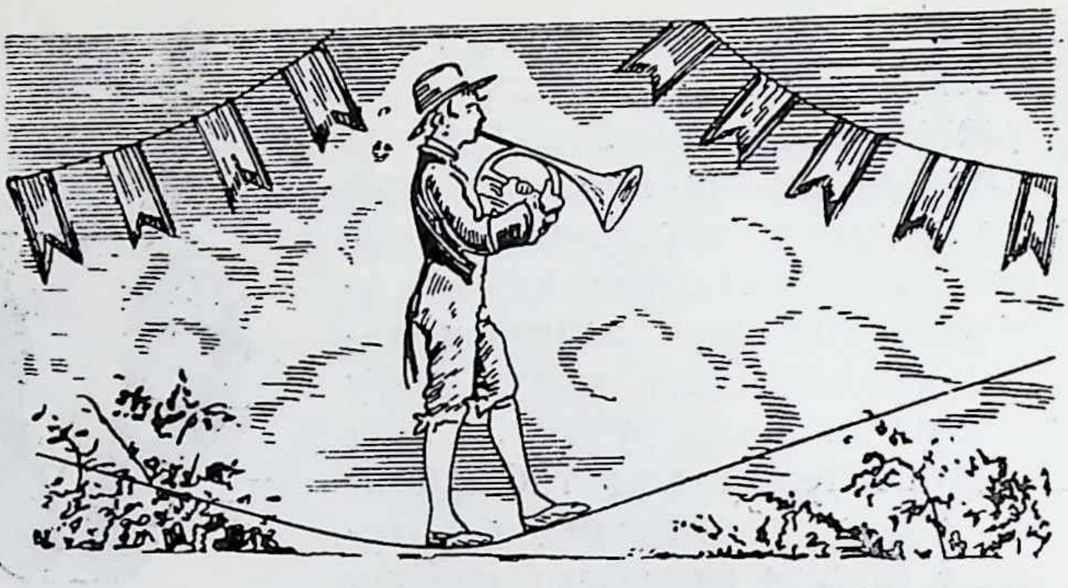
Әгәр: „Сез хәзер урындыкка мин күрсәткәнчә утырсагыз, бәйләнеп куелмаган булсагыз да тора алмассыз" дисәм, сез аны шаярту дип уйларсыз инде.

Яхшы. Сез 16 нчы рәсемдә күрсәтелгән малай кебек, гәүдәгезне туп-туры тотып, аякларыгызны урындык астына кертмичә утырыгыз. Хәзер аякларыгызның торышын үзгәртмичә һәм гәүдәгезне дә алга таба имичә генә аякка басып карагыз.

Тора алмыйсызмы? Аякларыгызны урындык астына кертмәсәгез яки гәүдәгезне алга таба авыштырмасагыз, сез ничек кенә көч куйсагыз да аякка баса алмассыз.

16 нчы рәсем. Болай утырсаң, урындыктан торып булмый.

Моның нилектән икәнен аңлау өчен, әйберләрнең һәм шул исәптән кеше гәүдәсенең тигезләнеш



20 рәсем. Аркан буйлап йөрү.

Урындыктан торганда без гадәттә шулай эшлибез дә. Әгәр безгә гәүдәбезнең һәм аякларыбызның торышын үзгәртергә рөхсәт итмәсәләр, һич торып булмый; сез югарыда сөйләнгән тәҗрибәдә моңа ышандыгыз.

## Йөрү һәм йөгерү

Бөтен гомерегез буена һәр көн саен ун меңнәрчә тапкыр эшләнгән эш сезгә бик билгеле булырга тиеш. Күп кеше шулай уйлый, ләкин бу уй һәрвакытта да дөрес түгел. Бу турыда иң яхшы мисал — йөрү һәм йөгерү. Безгә бу ике хәрәкәттән дә танышрак нәрсә бармы? Йөргән яки йөгергән чакта гәүдәбезнең нинди хәрәкәтләр ясавын һәм йөрү белән йөгерү арасында нинди аерма барлыгын ачык итеп күз алдына китерә алучылар күпме икән? Йөрү һәм йөгерү турында физиология сөйләгәннәр белән танышыйк[1]. Күп кеше өчен бу — яңалык булыр дип уйлыйм.

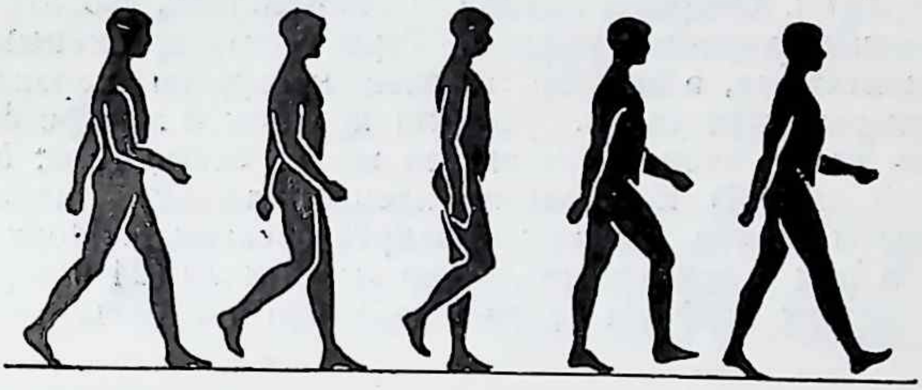
„Әйтик, бер кеше сыңар аягында, мәсәлән, уң аягында басып тора, ди. Ул кеше гәүдәсен бераз алгарак иеп, үкчәсен күтәрә башлады дип фараз итик[2]. Мондый торышта булганда, билгеле инде, авырлык үзәгеннән сузылган асма сызык аяк табаны мәйданын-

---

[1] Бу өземтә профессор Поль Бернның „Зоология турында лекцияләр“еннән алынды; рәсемнәрне автор үзе өстәде.

[2] Бу вакыт, кеше аягы белән җирне этеп, гәүдәсен алга таба җибәргән чакта, җиргә үзенең авырлыгы белән басу өстенә тагын 20 килограмм чамасы басым ясый. Димәк, йөрүче яки йөгерүче кеше басып торгандагыга караганда күбрәк басым ясый. — *Я. П.*

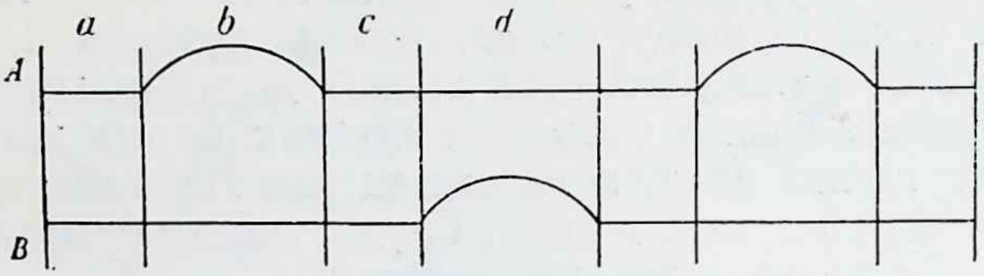
нан читкә чыга һәм ул кеше алга таба егылырга тиеш. Ләкин егыла башлау белән, һавада күтәрелеп торган сул аяк бик тиз алга таба атлый да авырлык үзәгеннән сузылган асма сызыктан алгарак барып җиргә баса, һәм шулай итеп, асма сызык ике аяк табаны басып торган мәйдан эченә керә. Гәүдә тигез торыш хәленә кайта; бу кеше бер адым атлады.



21 нче рәсем. Кешенең атлап йөреше. Йөргән чакта гәүдәнең бер-бер артлы торышлары.

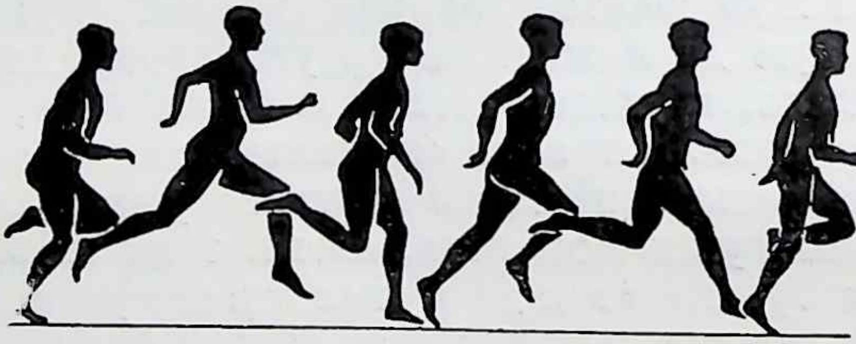
„Аның шул шактый ардыра торган торышта тукталып торуы да мөмкин. Әгәр ул баруын дәвам иттерергә теләсә, гәүдәсен тагын алга таба ия, авырлык үзәгеннән сузылган асма сызыкны аяк табаннарының таяну мәйданыннан читкә чыгара һәм, алга егылу куркынычы туган моментта, аягын тагы алга таба суза; ләкин бу яңа адымда сулын түгел, уң аягын эшкә куша — атлап куя. Шулай итеп, атлап йөрү — гәүдәнең алга таба егыла башлауларыннан һәм шул моментларда артка күтәрелеп торган аякның алга таба сузылып җиргә басуыннан, ягъни гәүдәнең егылмый калуларыннан гыйбарәт.

„Бу эш белән якынрак танышыйк. Кеше беренче адымын атлаган булсын. Шул моментта уң аяк әле җиргә тиеп тора, ә сул аяк җиргә баса башлый. Ләкин, әгәр адым бик кыска булмаса, бу моментта уң аяк үкчәсе бераз күтәрелгән булырга тиеш, чөнки шул үкчәнең күтәрелүе гәүдәгә алга таба иелергә һәм тигез торыш хәлен бозарга мөмкинлек бирә. Сул аякның җиргә иң әлек үкчәсе орына. Ул аяк бөтен табаны белән җиргә басып җиткәндә, уң аяк һавага күтәрелеп өлгерә. Шул вакытта тезе бераз бөгелгән сул аяк, бот мускулының кыскаруы ярдәмендә, тәмам турая һәм




22 нче рәсем. Йөргән вакытта аякларның ничек хәрәкәт итүен күрсәткән график. Югарыгы сызык (*A*)—бер аякның, түбәнгесе (*B*) — икенче аякның хәрәкәт графигы. Туры сызыклар аякның җиргә баскан моментларын, ә җәяләр җирдән күтәрелеп хәрәкәт иткән моментларын күрсәтәләр. Графикта күрәбез: *a* хәрефе белән билгеләнгән вакыт эчендә ике аяк та җиргә басып тора; *b* вакыты эчендә — бер аяк (*A*) күтәрелгән, икенче аяк (*B*) — һаман басып тора; *c* вакыты эчендә ике аяк та җиргә басканнар. Йөрү никадәр тиз булса, *a* һәм *c* аралары шулкадәр кыска була (24 нче рәсемдәге йөгерү графигы белән чагыштырып карагыз).

бик кыска вакыт эчендә вертикаль хәлдә тора. Бу торыш яртылаш бөгелгән уң аякка, җиргә орынмыйча гына гәүдә белән бергә алга сузылырга ярдәм итә;



23 нче рәсем. Кеше ничек йөгерә. Йөгергәндә кеше гәүдәсенең бер-бер артлы торышлары (ике аякның да җирдән күтәрелгән моментлары да була).

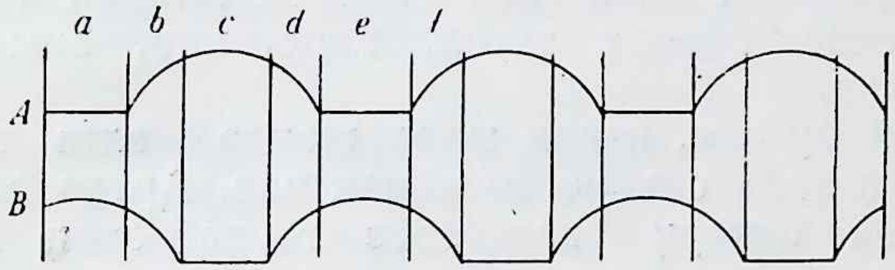
шуның аркасында уң аяк үкчәсе җиргә барып терәлә (21 нче рәсем, сулдан уңга таба).

Аннары сул аякның да шундый хәрәкәтләре башлана; бу моментта ул бармаклары белән җиргә терәлеп тора һәм ул тиздән югары күтәрелергә тиеш.

„Йөгергәндә җиргә терәлеп торган аяк мускулларының кинәт кенә кыскаруы аркасында ул аяк көч белән турая, гәүдәне алга таба ыргылдыра һәм кыска гына вакытка гәүдә җирдән бөтенләй аерыла. Шул ук вакытта икенче аяк бик тиз алга таба сузыла һәм гәүдә шул аяк белән җиргә төшә. Шулай

итеп, йөгерү әле бер, әле икенче аякбелән сикерүләрдән гыйбарәт" (23 нче рәсем, уңнан сулга).

Кайбер кешеләр горизонталь юлда атлап барганда тотылган энергия нульгә тигез дип уйлыйлар, ләкин бу дөрес түгел: җәяү баручы кешенең авырлык үзәге




24 нче рәсем. Йөгергәндә аяклар хәрәкәтенең графигы (21 нче рәсем белән чагыштырыгыз). Графикта күрәбез: йөгергәндә кешенең ике аягы да бер үк вакытта һавага күтәрелеп торган моментлар (*b*, *d*, *f*) була. Йөгерү шул ягы белән йөрү хәрәкәтеннән аерыла.

атлаган саен берничә сантиметрга күтәрелә. Горизонталь юлда җәяү бару өчен тотылган энергияне исәпләп табарга мөмкин; ул энергия үтелгән юл озынлыгы кадәр биеклеккә җәяүле кешенең гәүдәсен күтәрү өчен эшләнгән эшнең унбиштән бер өлеше чамасында була[1].

## Бара торган вагоннан алга таба сикереп төшәргә кирәкме?

Әгәр кемгә булса да бу сорауны бирсәгез, „кирәк була калса, инерция законы буенча алга таба сикерергә" дигән җавапны ишетерсез. Монда инерция законының иинди катнашы бар, сез аңардан шуны ачыграк аңлатуын үтенегез. Алдан ук әйтергә мөмкин: ул кеше, бик ышанып, үзенең фикерен исбат итәргә керешер; ләкин әгәр аның сүзен бүлдермәсәң, ул үзе дә бик тиз аптырап туктаяр: тикшереп карасаң, бөтенләй киресенчә килеп чыга — инерция аркасында, алга түгел, артка таба сикерергә кирәк.

Бу эштә инерция законы икенче урында тора, ә төп сәбәп бөтенләй башка. Әгәр дә без ул төп сәбәпне онытсак, чынлап та, һич алга түгел, артка таба сикерергә кирәк дигән нәтиҗәгә киләбез.

---

[1] Мондый исәпләүне проф. В. П. Горячкинның „Җанлы двигательләрнең эше" (1914 ел) исемле китабыннан табарга мөмкин.

Сезгә вагон барган чакта сикереп төшәргә туры килде, ди. Шул вакыт ни була соң?

Бара торган вагоннан сикереп төшкәндә безнең гәүдәбез вагоннан аерылгач та тукталып калмыйча, вагонда барган тизлек белән (инерция аркасында) алга таба омтыла. Алга таба сикереп төшкән чакта без ул тизлекне бетерү түгел, киресенчә, аны арттырабыз гына.

Шулай булгач, вагон юнәлешендә — алга таба түгел, артка таба сикерергә кирәк иде. Артка сикергәндә безнең сикерү тизлегебез гәүдәбезнең инерция белән алга бару тизлеген киметә; шуның аркасында безнең гәүдәбезнең җиргә төшкәч алга омтылу көче азрак була.

Ә шулай да, әгәр барган вакытта арбадан яки вагоннан сикерергә туры килсә, һәркем алга таба сикерә. Бу чынлап та күп тапкырлар тикшерелгән иң яхшы ысул; шуңа күрә бара торган вагоннан артка сикерүнең нинди уңайсызлыгы барлыгын сынап карарга һич тә ярамый.

Эш нәрсәдә соң?

Аңлатуның дөрес түгеллегендә, алга сикерүнең төп сәбәбен әйтеп бетермәүдә. Алга сикергәндә дә, артка сикергәндә дә егылу куркынычы бар, чөнки аякларыбыз җиргә терәлеп туктаганнан соң да безнең гәүдәбезнең югарыгы өлеше хәрәкәтен дәвам иттерә. Алга сикергәндә бу хәрәкәтнең тизлеге артка сикерүдәгегә караганда зуррак. Ләкин шунсы әһәмиятле: алга сикергәндә егылу куркынычы артка егылу куркынычыннан азрак. Беренче очракта, без күнеккән хәрәкәт белән атлап куябыз (вагон бик тиз барса, берничә адым йөгереп тә алабыз) һәм шуның аркасында егылудан сакланып калабыз. Бу хәрәкәткә без күнеккәнбез, чөнки бөтен гомер буена шулай йөрибез. Югарыдагы бүлектә әйтелгәнчә, механика күзлегеннән караганда йөрү хәрәкәте безнең гәүдәбезнең берберартлы алга таба егыла башлауларыннан һәм шул моментларда бер аягыбызны алга җибәреп басудан гыйбарәт. Артка таба егыла башлаганда исә аякларыбыз безне коткару хәрәкәтен ясый алмыйлар, менә шуңа күрә дә куркыныч зуррак була. Аннан соң алга сикерүнең тагын бер әһәмиятле ягы бар: әгәр без алга егыла калсак, кул-

ларыбызны алга сузып каты бәрелүдән сакланабыз, ә арка белән егылганда аны эшләп булмый.

Кыскасы — вагоннан алга таба сикергәндә куркыныч азрак булуның сәбәбе, инерциядән дә бигрәк, безнең үзебездә. Җансыз әйберләргә карата, билгеле инде, бу кагыйдәне кулланып булмый: мәсәлән, вагон тәрәзәсеннән алга таба ыргытылган шешәнең ватылу ихтималы артка ыргыткандагыдан күбрәк. Шуңа күрә, берәр сәбәп белән сезгә вагоннан сикереп төшәргә туры килсә, багажыгызны артка таба ташларга, ә үзегезгә алга сикерергә кирәк. Иң яхшысы — вагон барган вакытта сикермәү, әлбәттә.

Тәҗрибәле кешеләр — трамвай кондукторлары, контролерлар болай эшлиләр: сикергән якка таба аркалары белән торып, артка таба сикерәләр. Бу рәвештә сикергәндә ике файда була: безнең гәүдәбезнең инерция белән алга бару тизлеге кими, шуның өстенә, егылу куркынычы булган якка ал белән карап сикергәнлектән, арка белән егылу куркынычы калмый.

## Атылып бара торган пуляны кул белән тотып алу

Газетлардагы хәбәргә караганда, империалистик сугыш вакытында француз очучысы гадәттән тыш бер вакыйгага очраган. Ике километр биеклектә очып барганда ул үзенең бите янында ниндидер бер кечкенә әйбер хәрәкәт иткәнен күрә. Ул аны берәр бөҗәктер дип уйлап, кулы белән бик тиз тотып ала. Кулына эләккән нәрсәнең немец мылтыгы пулясы икәнен күргәч очучының никадәр гаҗәпләнүен күз алдына китерегез!

Чыннан да, бу вакыйга легендар барон Мюнхгаузенның, имештер, туп ядрәләрен кул белән тоту турында сөйләгән әкиятен хәтерләтә.

Хәлбуки, атылып баручы пуляны тотып алган очучы турындагы хәбәрдә мөмкин түгел нәрсә юк.

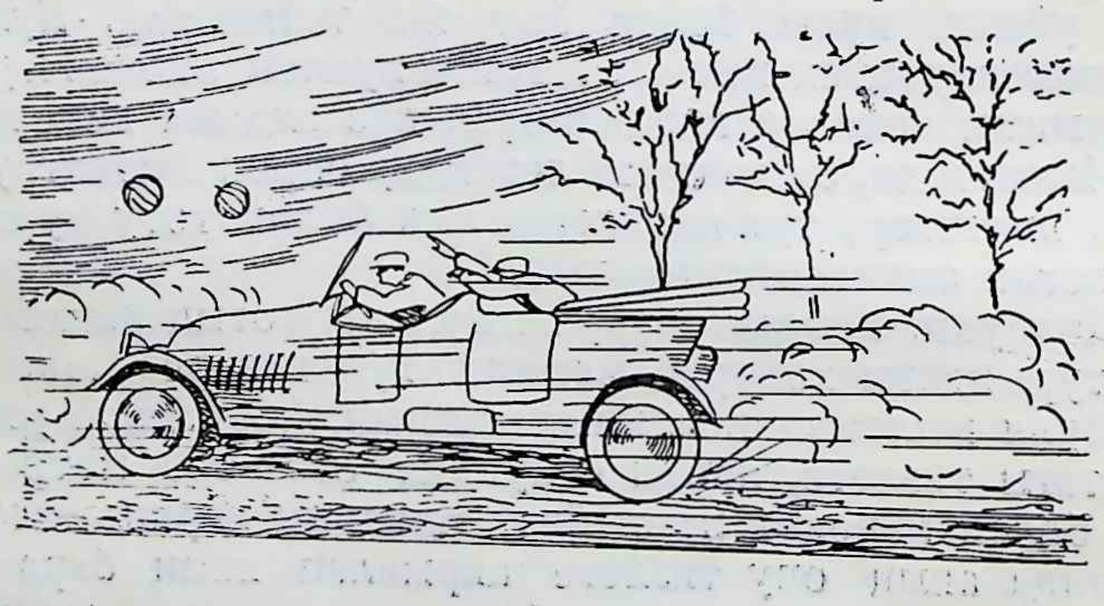
Пуля мылтыктан атылып чыккач, һәрвакыт үзенең баштагы тизлеге, ягъни секундка 800—900 метр тизлек белән хәрәкәт итми бит. Һаваның каршылыгы аркасында аның очу тизлеге акрынлап кими бара һәм очыш юлының ахырына таба аның тизлеге секундка 40 метр чамасы гына кала. Самолет та шундый тиз-

лек белән оча ала. Димәк, пуляның да, самолетның да бертигез тизлек белән очулары мөмкин; ул вакытта очучыга карата пуля тик тора, яки беленер-беленмәс кенә хәрәкәт итә дигән сүз. Ул чакта пуляны кул белән тотып, бигрәк тә перчаткалы килеш тотып алу бер дә читен түгел (һаваны ерып барганда пуля йөз градуска кадәр кыза, шунлыктан кулда перчатка булса яхшырак).

## Карбыз-бомба

Билгеле бер шартларда пуля зарарсыз булса да, бөтенләй киресенчә очракның да булуы мөмкин: аз гына тизлек белән ыргытылган әйбер дә, „сугышны“ күздә тотмаса да, җимергеч тәэсир ясый ала.

Мәсәлән, бик зур тизлек белән узып баручы автомобильгә, бер караганда бөтенләй зарарсыз әйберләр: әйтик, карбызлар, кавыннар, алмалар һәм башка шуның кебек нәрсәләр ыргытырга ярамый. Бу зарарсыз әйберләрнең бик зур күңелсезлек тудыруы мөмкин: карбызлар, кавыннар машинаның кузовын яньчи, вата алалар, ә алмалар машинадагы юлчыларга барып тисәләр, аларны бик житди имгәтергә мөмкин. Боларның сәбәбе билгеле: автомобильнең тизлеге белән аңа ыргытылган карбыз яки алма тизлеге кушыла һәм шуның аркасында карбыз яки алма куркынычлы, җимергеч снарядларга әвереләләр. Сәгатькә 120 километр тизлек белән баручы автомобильгә ыргытылган 4 килограммлы карбызның энергиясе, исәпләүләр күрсәтүе буенча, 10 грамм авырлыктагы пуля энергиясе кадәр.

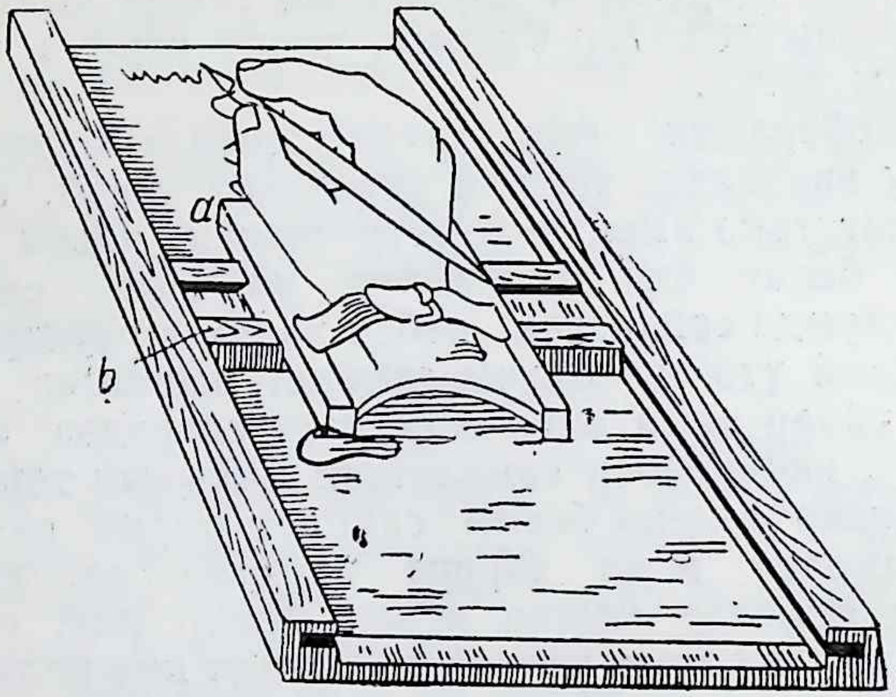


25 нче рәсем. Бик тиз баручы автомобильгә каршы ыргытылган карбыз „бомба“га әверелә.

Мондый шартларда карбызның тишеп чыга алу сәләте пуляныкы кадәр булмый, чөнки карбыз пуля кебек каты түгел.

Атмосфераның югары катлауларында (стратосферада), очу авиациясе тиешле дәрәҗәдә үскәч, самолетлар да сәгатькә 3 мең километр тизлек, ягъни пулялар тизлеге белән оча башларлар; ул чакта очучыларның югарыда сөйләнгән кебек хәлгә очраулары мөмкин. Андый үтә тиз очучы самолет каршына очраган һәрбер әйбер аның өчен җимергеч снарядка әверелә. Мәсәлән, икенче бер самолеттан ычкынып төшеп киткән пулялар өеренә башка самолет очрый калса, өстәге самолет моңа каршы бармаса да, ул пулемет уты астында калган кебек булыр иде: пулеметтан атылган пулялар аэропланга нинди көч белән килеп бәрелсәләр, төшеп баручы пулялар да шундый көч белән бәреләләр. Чагыштырмача тизлекләр һәр ике очракта да бертигез булганлыктан (самолет һәм пуля берберенә секундка 800 метр тизлек белән якынаялар), җимерү тәэсире дә бердәй була.

Әгәр пуля самолет артыннан аның тизлеге белән очып барса, очучыга аның зарары юк икәнен без беләбез инде. Бер юнәлештә һәм бертигез диярлек тизлек белән хәрәкәт итүче әйберләрнең бер-берсенә сугылмыйча, җай белән генә килеп орынуларыннан 1935 елда машинист Борщев бик оста файдаланган: ул үзе алып бара торган поездга каршы килүче 36 вагонлы составны бәрдермичә генә орындыра алган һәм шулай итеп поездны катастрофадан коткарган. Бу вакыйга Көньяк тимер юлда, Ельников — Ольшанка станцияләре арасында булган. Борщев йөртә торган поезд алдында икенче поезд бара икән. Алдагы поездның пары җитмәгән һәм ул тукталырга мәҗбүр булган. Аның машинисты 36 вагонны юлда калдырып, паровоз һәм берничә вагон белән алдагы станциягә киткән. Юлда калдырылган вагоннар, тәгәрмәчләренә тормоз башмаклары терәтеп куелмаганлыктан, артка — түбәнгә таба сәгатькә 15 километр тизлек белән Борщев поездына таба тәгәри башлаганнар һәм поездлар бәрелешү куркынычы туган. Тапкыр машинист бу куркынычны күреп алган да үзенең поездын туктаткан, артка чигерә башлаган һәм акрынлап аның тизлеген сәгатькә 15 километрга җиткергән. Шул маневр аркасында ул 36 вагон-




26 нчы рәсем. Бара торган вагонда язарга мөмкинлек бирә торган җайланма.

ны үз поездына һичбер зарарсыз китереп орындырган

Поезд барган вакытта язып баруны уңайлаштыра торган приборның төзелеше дә югарыда әйтелгән кагыйдәгә нигезләнгән. Поезд барганда вагон тәгәрмәчләре рельсларның бер-беренә ялгану урыннарына бәреләп, сикереп китәләр; вагонда язып бару читенлегенең сәбәбе — каләм һәм кәгазьнең икесенең дә бер үк вакытта селкенмәве. Әгәр каләм дә, кәгазь дә бер вакытта селкенерлек шарт тудырылса, алар бер-берсенә карата тыныч торырлар һәм поезд барганда язу бер дә читен булмас иде.

26 нчы рәсемдә күрсәтелгән җайланма ярдәмендә әнә шул шарт тудырыла. Каләм тоткан кул *a* тактасына бәйләп куела; ул тактаны *b* планкасындагы ырмаулар буйлап күчереп йөртергә мөмкин; бу планканы да өстәлгә куелган тактаның ырмаулары буйлап шудырып була. Күрәсез, каләм тоткан кул хәреф артыннан хәреф яза барып, бер юлдан икенчесенә күчә ала. Тәгәрмәчләрнең һәрбер бәрелеше кәгазьне селкетеп ала һәм шул ук моментта шундый ук көч белән каләм тоткан кулга да тәэсир итә. Мондый шартлар булганда поезд барганда язу тик торган вагондагы кебек үк уңай була; хәрефләрнең күренеше өзелеп-өзелеп китүе генә уңайсызлый, чөнки кулның һәм башның селкенүләре бер вакытка туры килмиләр.

## Үлчәү платформасында

Унарлы үлчәү безнең гәүдәбезнең авырлыгын аның платформасында һичбер хәрәкәтләнми торсак кына дөрес үлчи ала. Әгәр сез иелсәгез, шул моментта ул сезнең авырлыгыгызны киметеп күрсәтер. Нилектән? Гәүдәнең югарыгы өлешен иелдерүче мускуллар, бер үк вакытта, аның түбәнге өлешен дә югары таба тарталар һәм шуның аркасында үлчәүгә басымны киметәләр. Киресенчә, гәүдәгезне иелүдән туктатканда мускуллар аның ике өлешен ике якка этәләр һәм гәүдәнең түбәнге өлешенең үлчәүгә басымы арта, шунлыктан ул моментта үлчәү сезнең авырлыгыгызны шактый арттырып күрсәтә.

Хәтта кулны гына күтәргәндә дә сизгер үлчәүнең күрсәтүе үзгәрә, ул сезнең авырлыгыгыз арткан кебек итеп күрсәтә. Кулны югары күтәрүче мускуллар иңбашына таяналар, димәк, иңбашын һәм гәүдәне түбән таба этәләр — үлчәүгә басым арта. Күтәрелгән кулны туктатканда каршы тәэсир итүче мускуллар иңбашын кул очына якынайтырга тырышып югарыга тарталар, шул сәбәпле ул моментта үлчәүгә басым кими, ягъни авырлык кими булып күренә.

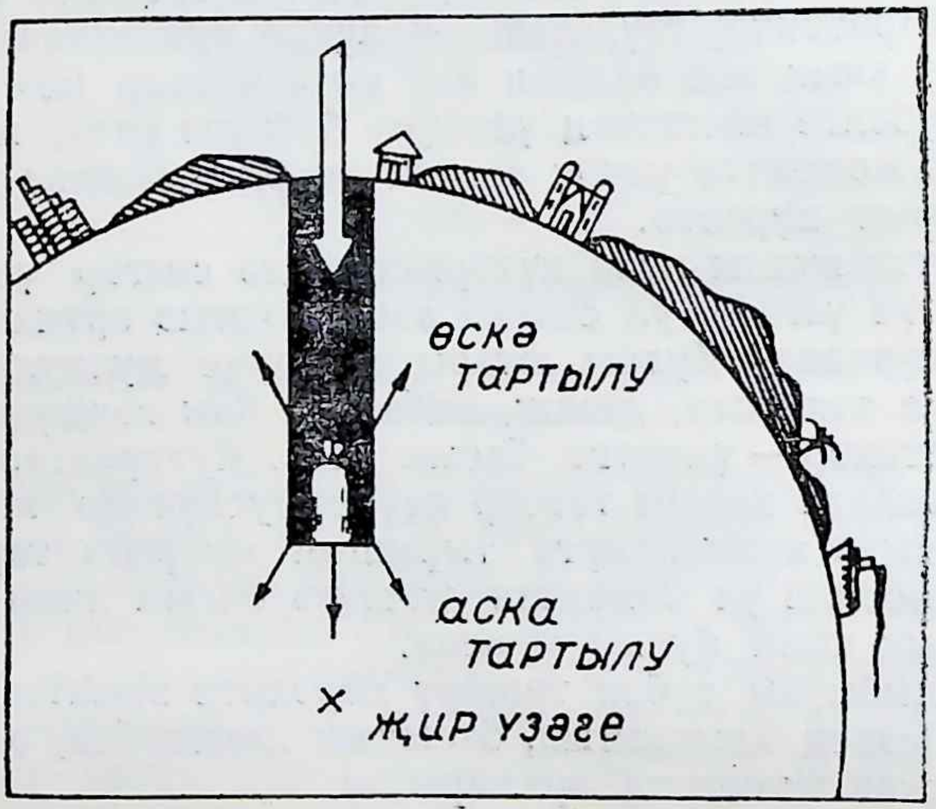
Кулыбызны түбән төшерү хәрәкәте вакытында без гәүдәбезнең авырлыгын, басымын киметәбез, ә кулны туктаткан моментта арттырабыз.

## Әйберләр кайда авыррак?

Җир шарының әйберләрне тарту көче Җир өстеннән югарырак күтәрелгән саен кими бара. Әгәр без бер килограммлы герне 6400 километр биеклеккә күтәрсәк, ягъни Җир шары үзәгеннән Җирнең ике радиусына тигез ераклыкка күчерсәк, тарту көче 2×2, ягъни 4 тапкыр кимер һәм пружиналы бизмәндә ул 1000 грамм түгел, 250 грамм гына тартыр. Тартылыш законы буенча, Җир шары читтәге әйберләрне, әйтерсең лә, бөтен массасы үзәгенә тупланган дай көч белән тарта, ә ул тарту көче аның үзәгеннән ераклык квадратына кире пропорциядә кими. Безнең очракта гернең Җир үзәгеннән ераклыгы ике тапкыр артты, шуңа күрә тартылу көче $2^2$, ягъни 4 тапкыр кимеде. Әгәр герне Җир өстеннән 12 800 километрга күтәрсәк, ягъни аны Җир үзәгеннән өч

тапкыр ераклаштырсак, аның тартылу көче $3^2$, ягъни 9 тапкыр кимер иде; ул чакта 1000 граммлы гер 111 грамм гына тартыр иде.

Табигый буларак, мондый уй туа: әгәр без гер белән Җирнең тирән катлауларына төшсәк, ягъни аны планетабызның үзәгенә якынайтсак, без аның тартылуы көчәйгәнен сизәргә тиешбез, Җирнең тирән катлауларында гер авыррак булырга тиеш. Бу уй дөрес түгел:




27 нче рәсем. Җирнең тирәнрәк катлауларына төшкәндә әйбернең авырлыгы нилектән кими.

Җирнең тирән катлауларында әйберләрнең авырлыгы артмый, киресенчә, кими төшә. Чөнки бу очракта Җирнең тартучы кисәкчекләре әйбернең бер генә ягына түгел, төрле ягына урнашканнар. 27 нче рәсемгә карагыз. Сез күрәсез: Җирнең тирән катлавына төшерелгән герне аннан түбәнрәк торган кисәкчекләр түбән таба тарталар, ләкин шул ук вакытта гердән югарырак булган кисәкчекләр аны югарыга тартып торалар. Әйбернең тартылу көче ул әйбер торган урыннан Җир үзәгенә кадәр булган ераклыкка тигез радиуслы шарның тарту көченә тигез икәнен исбат итәргә мөмкин. Шуңа күрә Җирнең эченә тирәнрәк киткән саен әйбернең авырлыгы бик тиз кимергә тиеш. Җирнең үзәгенә

житкәч, әйбернең авырлыгы бөтенләй булмый, чөнки аны чолгап алган кисәкчекләр һәр якка бер тигез көч белән тарталар.

Шулай итеп, әйбернең иң зур авырлыгы Җирнең өстендә була, аннан югары күтәрелгәндә яки аның тирән катлауларына төшкәндә әйбернең авырлыгы кими[1].

## Әйберне төшереп җибәрсәң, аның авырлыгы күпме була?

Лифт белән төшә башлаган моментта сездә үзенә бертөрле хис туганны искәргәнегез бармы? Упкынга егылып төшүче кеше үзен ничек хис итсә, шундый табигый булмаган җиңеләю... Бу — авырлык бетүне хис итү: лифтның идәне түбән төшә башлаган моментта сезнең гәүдәгез лифт тизлеге белән хәрәкәт итми әле, сезнең гәүдәгез идәнгә һичбер диярлек басым ясамый һәм, димәк, аның авырлыгы бик аз була. Аз гына вакыттан соң сәер тойгы да бетә; сезнең гәүдәгез, тигез тизлек белән хәрәкәт итүче лифтка караганда тизрәк төшәргә омтылып, лифт идәненә басым ясый һәм, димәк, ул элекке авырлыгына кайта.

Пружиналы үлчәүнең ыргагына гер элеп, үлчәүне гер белән бергә бик тиз генә түбән төшерегез һәм шул моментта үлчәү угының кая таба күчүен күзәтегез (күзәтү уңай булсын өчен, үлчәү угы йөри торган ярыкка кечкенә генә бөке кисәге кертеп куегыз һәм аның кая күчүен билгеләгез). Гер төшкән вакытта үлчәүнең угы аның авырлыгын шактый киметеп күрсәткәнне белерсез! Әгәр үлчәү ирекле рәвештә төшсә, һәм төшү вакытында аның угын күзәтеп тора алсагыз, төшеп баручы гернең авырлыгы һичбер булмаганын, укның нульдә торуын күрер идегез[2].

Югарыдан түбән төшкән вакытта иң авыр әйбернең

---

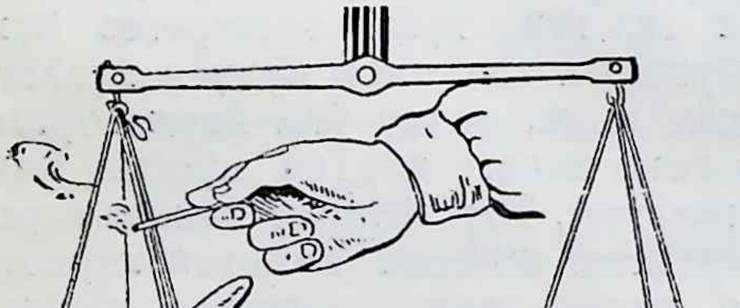
[1] Әгәр Җир шарының тыгызлыгы барлык урыннарда да бертигез булса, шулай булыр иде; чынбарлыкта исә, Җирнең үзәгенә якынайган саен тыгызлык арта бара; шуңа күрә Җир эченә төшкәндә, берникадәр тирәнлеккә кадәр, башта әйбернең авырлыгы арта бара, билгеле бер тирәнлектән узгач кына кими башлый. Әйбернең авырлыгы күпме тирәнлеккә кадәр артуы билгеле түгел.

[2] Проф. Н. А. Любимов һәм соңрак проф. П. Поспелов ясаган приборлар ярдәмендә бу тәҗрибәне, берникадәр дәрәҗәдә эшләргә мөмкин.

дә авырлыгы юкка чыккан кебек була. Моның сәбәбен аңлау читен түгел. „Авырлык“ дип без, әйбернең элеп куелган ноктаны тарту көчен яки аның таянып торган урынга басу көчен әйтәбез. Ләкин югарыдан түбән төшүче әйбер үлчәү пружинасын бер дә тартмый, чөнки пружина да аның белән бергә төшә. Түбән төшкән вакытта әйбер бер нәрсәне дә тартмый һәм бер кая да басым ясамый. Димәк, төшеп барган вакытта әйбернең авырлыгы күпме дип сорау, һичбер авырлыгы булмаган әйбер күпме авырлыкта дип сорау белән бер.

Механиканың нигезен салучы Галилей XVII гасырда ук инде болай дип язган[1]: „Иңбашыбыздагы йөкнең авырлыгын без аны түбән төшермәскә тырышкан вакытта сизәбез. Әгәр шул иңбашыбыздагы йөк тизлеге белән без дә түбән таба хәрәкәт итсәк, ул безнең иңбашыбызга ничек баса алсын? Алдыбызда без хәрәкәт иткән тизлек белән йөгереп баручы кешегә сөңге белән кадарга теләсәк, булдыра алыр идекме? — бу да шуңа охшый[2].

Бу фикерләрнең дөреслеген ансат кына эшләнә торган түбәндәге тәҗрибәдә ачык күрергә мөмкин.



28 нче рәсем. Түбән төшкәндә әйбернең авырлык көче булмавын күрсәтә торган тәҗрибә.

Көянтәле үлчәүгең бер тәлинкәсенә чикләвек вата торнан кыскыч куегыз; аның бер ябе тәлинкәгә ятып торсын, ә икенчесен җеп белән бәйләп, үлчәүнең ыргагына эләктереп куегыз (28 нче рәсем). Икенче тәлинкәгә үлчәүне тигезләндерерлек кадәр герләр салыгыз. Җепкә ут төртегез;

[1] „Яңа фәннең ике өлкәсенә бәйләнешле математик исбатлаулар“ исемле әсәрендә. 1934 елда бу күренекле әсәрнең рус теленә тулы тәрҗемәсе басылып чыкты.

[2] Сөңгене кулдан ычкындырмыйча гына.— *Я. П.*

җеп янып өзелгәч, кыскычның югарыгы ябе үлчәү тәлинкәсенә төшәр.

„Шул моментта үлчәү нишләр? Үлчәүнең кыскыч куелган тәлинкәсе кыскычның югарыгы ябе түбән төшкән вакытта өскә күтәрелерме, түбән төшәрме яки тигез торышта калырмы?

Түбән төшүче әйбернең авырлыгы юклыгын сез беләсез инде. Шулай булгач, алдан ук бу сорауга дөрес җавап бирерсез: үлчәү тәлинкәсе бик аз гына арада югары күтәрелеп алыр.

Чынлап та шулай: кыскычның югарыгы ябе, түбәнгесе белән тоташкан булса да, түбән төшкән моментта тик торган вакыттагыга караганда азрак көч белән баса. Бик кыска гына вакытка кыскычның авырлыгы кими, һәм табигый буларак, тәлинкә өскә күтәрелә (В. Л. Розенберг тәҗрибәсе).

## Туптан атылып китеп Айга

1865—1870 елларда Жюль-Верннның „Туптан Айга" исемле романы чыкты; анда гадәттән тыш бер уй турында — эченә кешеләр кереп утырган гаять зур снаряд-вагонны туп көпшәсеннән Айга җибәрү турында сөйләнә. Жюль-Верн үзенең проектын шул дәрәҗәдә дөрескә охшатып язган, хәтта, укучыларның күбесендә, чынлап та бу уйны тормышка ашыру мөмкин түгелме, дигән сорау тугандыр.

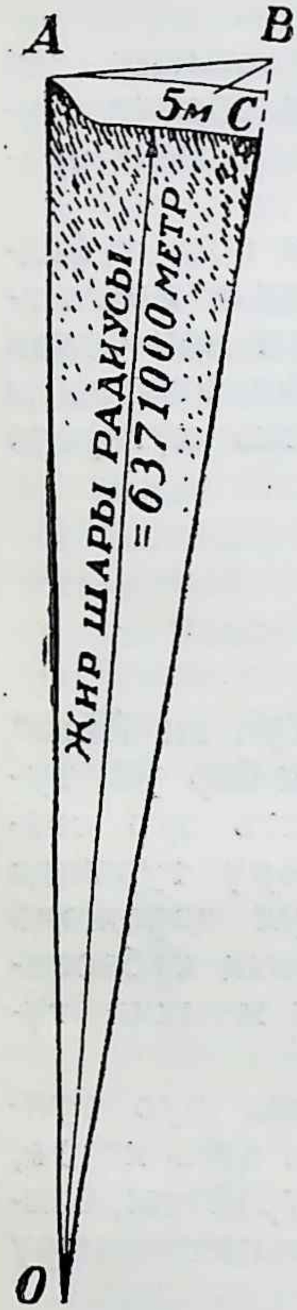
Аннан соң узган өч чирек гасыр эчендә зур туплар төзү өлкәсендә техника шулкадәр күп алга китте, шартлагыч матдәләрнең көчен шулкадәр зурайтты, бәлки, француз язучысының хыялын реаль тормышка ашыру мөмкинлеге дә якынайгандыр?

Бу турыдагы әңгәмә кызыклы булыр.

Айга снаряд җибәрү мөмкинме икән?

Иң элек шуны тикшерик: теориядә генә булса да, снарядны Җиргә әйләнеп кайтмаслык итеп атып җибәрү мөмкинме? Теория моңа каршы төшми. Чыннан да, туптан горизонталь юнәлештә атып җибәрелгән снаряд, иртәме-соңмы барыбер Җиргә төшә, ни өчен? Чөнки Җирнең снарядны тарту көче аның юлын кәкрәйтә; ул туры сызык буйлап бармый, Җиргә таба юнәлгән кәкре сызык буйлап оча һәм иртәме-соңмы Җир

өстенә килеп төшә. Дөрес, Җир өсте үзе дә кәкре, ләкин снарядның очып бару юлы тагын да кәкрерәк. Әгәр снарядның очып бару юлының кәкрелеге кимелсә һәм ул Җир шары өстенең кәкрелеге белән бертигез булса, снаряд Җир өстенә бер вакытта да төшә алмый! Ул снаряд Җир шары әйләнәсенә концентрик түгәрәк сызык буйлап хәрәкәт итәчәк; икенче төрле әйткәндә, Җирнең ясалма иярчене (икенче „Ае“) булачак.




29 нчы рәсем. Снарядның Җирдән бөтенләйгә аерылып китүе өчен кирәкле тизлекне исәпләп табу.

Туптан атылып җибәрелгән снаряд юлының кәкрелеген Җир өсте кәкрелегеннән азрак итү өчен нишләргә кирәк соң? Моның өчен, аның атылып китү тизлеге генә җитәрлек кадәр булырга тиеш. Җир шарының киселешен күрсәткән 29 нчы рәсемгә карагыз. Тау башындагы *A* ноктасында туп тора. Әгәр Җирнең тарту көче булмаса, ул туптан атып җибәрелгән снаряд бер секундтан соң *B* ноктасында булыр иде. Ләкин Җирнең тарту көче юлны үзгәртә, шул көч тәэсире аркасында бер секундтан соң снаряд *B* ноктасында түгел, аннан 5 метр түбәнрәк *C* ноктасында була. Һәрбер ирекле (вакуумда) төшүче әйбер, Җир өстенә якын урында, авырлык көче тәэсире белән беренче секундта биш метр юл уза. Снаряд *B* ноктасына бармыйча биш метр түбәнрәк төшкән моментта аның Җир өстеннән биеклеге *A* ноктасындагы белән бер булса, ул снаряд Җир шары әйләнәсенә концентрик түгәрәк сызык буйлап оча дигән сүз.

Хәзер *AB* өземтәсенең (29 нчы рәсем) озынлыгын, ягъни снарядның горизонталь юнәлештә бер секунд эчендә узган юлын исәпләп табарга кирәк; аны тапкач, снарядның җир тирәсендә әйләнеп йөрүе өчен туп көпшәсеннән атылып чыгу тизлеге күпме булырга тиешлеген белә алабыз. Моны *AOB* өчпочмагыннан файдаланып исәп-

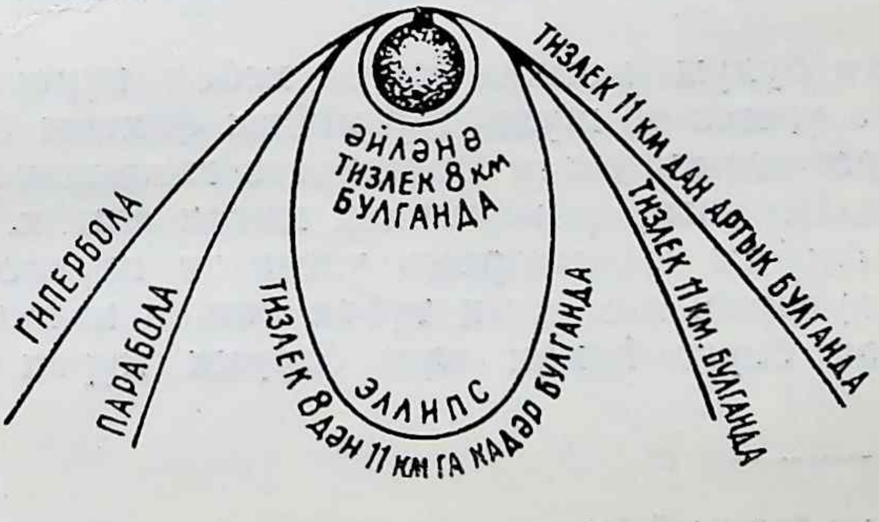
ләп чыгару кыен түгел. Ул өчпочмакта $OA$ — Җир шарының радиусы (6 370 000 метр чамасы), $OC = OA$; $BC = 5$ *м*; димәк, $OB = 6\,370\,005$ *м.* Шулай булгач, Пифагор теоремасы буенча табабыз:

$$AB^2 = (6\,370\,005)^2 - (6\,300\,000)^2.$$

Исәпләү эшләрен башкаргач, тизлек болай килеп чыга: $AB = 8$ *км/секунд* чамасы.

Шулай итеп, әгәр һава булмаса (зур тизлек белән хәрәкәт итүгә һава бик нык комачау ясый), туптан секундка 8 километр тизлек белән атылып киткән снаряд бер вакытта да Җиргә төшмәс, аның тирәсендә иярчен кебек мәңге әйләнеп йөрер иде. Туптан мондый тизлек белән атып җибәреп булмый: хәзерге туплардан атылган снарядларның тизлеге дүрт тапкыр кимрәк.

Әгәр снарядның туптан атылып китү тизлеге аннан да зуррак булса, ул кая очып китәр иде? Туп көпшәсеннән секундка 8,9, хәтта 10 километр тизлек белән атылып җибәрелгән снарядның Җир шары тирәсендә эллипс сызык буйлап әйләнеп йөрүен һәм тизлек никадәр зур булса, эллипсның шулкадәр сузынкырак булуын күк механикасы исбат итеп бирә. Секундка 11 километр чамасы тизлек белән атылып киткән снаряд исә эллипс буенча түгел, йомылмаган кәкре сызык — „парабола“ буйлап Җирдән бөтенләйгә аерылып китә (30 нчы рәсем).




30 нчы рәсем. Секундка 8 километр һәм аннан да артыграк тизлек белән атып җибәрелгән снарядның язмышы.

Күрәсез, җитәрлек кадәр тизлек белән атылып җибәрелгән снаряд эчендә Айга очып бару теория күзлегеннән караганда мөмкин нәрсә[1].

(Югарыдагы фикер йөртүләрдә снарядның хәрәкәтенә атмосфера каршылык күрсәтми дип исәпләнде. Реаль шартларда атмосфераның каршылыгы андый зур тизлекне булдыруны бик читенләштерер һәм, бәлки, аңа ирешү мөмкин дә булмас иде).

## Жюль-Верн Айга сәяхәтне ничек тасвир итә һәм ул сәяхәт ничек булырга тиеш иде

Жюль-Верннның югарыда искә алынган романын укыган кеше, сәяхәтчеләр утырып бара торган снаряд Айның һәм Җирнең тарту көчләре үзара тигезләшкән нокта аша узып киткән вакытта булган кызыклы моментны хәтерли торгандыр. Ул вакытта чыннан да әкияттәге кебек күренеш була: снаряд эчендәге барлык әйберләр үзләренең авырлыкларын югалталар, ә сәяхәтчеләр үзләре югары сикергәч, һичбер әйбергә терәлмичә һавада эленеп торалар.

Бу бик дөрес тасвирланган, ләкин андый күренеш тарту көчләренең тигезләнү ноктасы аша узып киткән вакытта гына түгел, аңа кадәр дә һәм аннан соң да булырга тиешлекне язучы истән чыгарган. Очып бара башлауның беренче моментында ук снаряд эчендә юлчыларның да һәм барлык әйберләрнең дә авырлыклары булмаска тиеш икәнен исбат итү бик ансат.

Моның булуы мөмкин түгел кебек күренә, ләкин хәзер сез үзегез дә шулкадәр мөһим фактны башта ук игътибарга алмавыгызга һичшиксез гаҗәпләнерсез.

Жюль-Верннның романыннан мисал алыйк. Снаряд эчендә баручы юлчыларның үлгән эт гәүдәсен тышка ташлауларын һәм аның түбән төшеп китмичә, снаряд белән бергә һаман алга баруын күреп гаҗәпкә

[1] Биредә бөтенләй башка төрле кыенлыклар да булырга мөмкин. Бу мәсьәлә турында „Кызыклы физика“нын икенче кисәгендә һәм минем „Планетаара сәяхәтләр“ исемле китабымда тулырак сөйләнә.

калуларын әлбәттә хәтерлисездер. Язучы бу күренешне дөрес тасвирлаган һәм дөрес аңлаткан. Чыннан да, һавасыз пространствода һәрбер әйбер бертигез тизлек белән төшә: Җирнең тарту көче барлык әйберләргә дә бердәй тизләнеш бирә. Бу очракта снаряд та, эт гәүдәсе дә Җирнең тарту көче аркасында бердәй тизлек (бердәй тизләнеш) белән төшәргә тиешләр; дөресрәк итеп әйткәндә, аларның туптан атылып киткән тизлекләре Җирнең тарту көче тәэсире аркасында бертигез кимергә тиеш. Димәк, снарядның һәм эт гәүдәсенең тизлекләре юлның теләсә кайсы ноктасында тигез булырга тиеш, — шуңа күрә дә снаряд эченнән чыгарып ташланган эт гәүдәсе һичбер артка калмыйча алга баруында дәвам иткән.

Язучы менә бу турыда уйлап җиткермәгән: этнең гәүдәсе снарядтан чыгарылгач та түбән төшеп китмәгәч, ни өчен ул снаряд эчендә түбән төшсен икән? Снарядның эчендә дә, тышында да аңа бер үк көчләр тәэсир итә бит! Этнең гәүдәсен снаряд эчендә һичбер әйбергә терәтмичә һавага күтәреп куйсаң, ул шул торышта калырга тиеш: аның хәрәкәт тизлеге снаряд тизлеге белән нәкъ бертигез, димәк, снарядка карата ул тыныч хәлдә тора дигән сүз.

Эт гәүдәсенә карата дөрес булган фикерләр снаряд эчендәге юлчылар һәм башка әйберләргә карата да дөрес: юлның теләсә кайсы ноктасында аларның тизлеге снарядныкы белән бертигез, димәк, алар бер нәрсәгә терәлмәсәләр дә төшмәскә тиешләр. Очып бара торган снарядның идәнендәге урындыкны, аяклары белән югары каратып түшәмгә куйсаң, ул „түбән" төшмәс, чөнки түшәм белән бергә алга баруында дәвам итәр. Башын түбән каратып шул урындыкка утырган юлчының гәүдәсе дә снаряд идәненә төшәргә аз гына да омтылмас. Нинди көч аны түбән төшәргә мәҗбүр итә алсын? Әгәр дә ул төшсә, ягъни идәнгә якынайса, димәк, снарядның пространствода очу тизлеге юлчынықыннан артыграк булып чыга (шулай булмаса, урындык идәнгә якынаймас иде). Хәлбуки, моның булуы мөмкин түгел: снаряд эчендәге барлык әйберләрнең дә тизләнеше снаряд тизләнеше белән бертигез икәнен без беләбез.

Роман язучы моны искә алмаган; снаряд тик торган чакта аның эчендәге әйберләр үзләре терәлеп тор-

ган урынга ничек басым ясасалар, снаряд ирекле очып барганда да шулай ук басым ясап торырлар,— дип уйлаган ул. Авырлыгы булган әйберләр үзләренең таяну урыннары хәрәкәт итмәгәндә генә, яки тигез хәрәкәт иткәндә генә ул урынга басым ясаганны Жюль-Верн истән чыгарган. Әгәр әйбер дә, аның таяну урыны да бертигез тизләнеш белән хәрәкәт итсәләр, алар берберенә басым ясый алмыйлар.

Шулай итеп, сәяхәтнең беренче моментыннан башлап ук юлчыларның һичбер авырлыклары булмаган, снаряд эчендә алар һавада теләсә ничек күтәрелеп тора алганнар; шулай ук андагы барлык әйберләрнең дә авырлыклары юкка чыккан кебек булган. Менә шул хәлгә карап, юлчылар үзләре утырган вагон-снарядның пространствода очып барамы яки туп көпшәсе эчендә тик торамы икәнен бик ансат белә алганнар. Ә шулай да язучы күк сәяхәтчеләренең башта ярты сәгать буена, очалармы, әллә юкмы мәсьәләсе белән аптырап баш ватулары турында сөйли.

„— Николь, без очабызмы соң?

Николь һәм Ардан як-якка карандылар: алар снарядның селкенүен сизмәделәр.

— Чынлап та, без хәрәкәт итәбезме, юкмы?— диде Ардан.

— Яки Флорида туфрагында тыныч кына торабызмы?— дип сорады Николь.

— Әллә Мексика култыгының төбендәме?— дип өстәде Мишель“.

Пароходтагы юлчыларда гына мондый шик тууы мөмкин, ләкин ирекле очып баручы снарядтагы юлчылар өчен бу мөмкин түгел: пароходтагыларның авырлыклары бар, ә күк сәяхәтчеләре авырлыклары булмавын сизми кала алмыйлар.

Бу фантастик вагон-снарядта бик гаҗәп хәлләр булырга тиеш иде! Ул бик кечкенә бер дөнья, анда әйберләрнең авырлыклары юк, кулдан ычкындырсаң да алар шул урында тыныч кына торалар, анда әйберләр теләсә нинди торышта үзләренең тигезләнеш хәлен саклыйлар, анда шешәне баш түбән әйләндереп тотсаң да суы акмый... „Айга сәяхәт“нең авторы боларның берсен дә искә алмаган, ә мондый искиткеч күренешләр авторның фантазиясенә нинди киң юл ачар иде!

## Ялгыш күрсәтүче үлчәүдә дөрес үлчәү

Дөрес үлчәү өчен нәрсә әһәмиятлерәк: үлчәүме яки герләрме?

Алар икесе дә бердәй әһәмиятле дип уйласагыз, ялгышасыз: әгәр кул астында дөрес герләр булса, ялгыш күрсәтә торган үлчәүдә дә дөрес үлчәп була. Ялгыш күрсәтә торган үлчәүдә дөрес үлчәү өчен берничә төрле юл бар. Шуларның икесе белән танышыйк.

Беренче ысулны ватанныбызның бөек химигы Д. И. Менделеев күрсәткән. Иң элек үлчәүнең бер тәлинкәсенә теләсә нинди бер йөк куялар; йөк нинди булса да ярый, ләкин ул үлчәнергә тиешле әйберләребездән авыррак булырга тиеш. Үлчәүнең икенче тәлинкәсенә герләр салып бу йөкне тигезлиләр. Шуннан соң герләр салынган тәлинкәгә үлчәнергә тиешле әйберне куялар һәм, үлчәү элеккечә тигезләнсен өчен, ул тәлинкәдән кирәк кадәр герләрне алалар. Алынган герләрнең авырлыгы, әлбәттә, әйбер авырлыгына тигез булырга тиеш, чөнки ул тәлинкәдәге герләрне алыштыра, димәк, аның авырлыгы алар белән бертигез.

Бу рәвештә „даими йөкләнмә белән үлчәү ысулы“ бер-бер артлы берничә әйбер үлчәргә туры килгәндә бик уңай була: башта салып куелган йөк һаман тора һәм барлык әйберләрне үлчәгәндә шуннан файдаланыла.

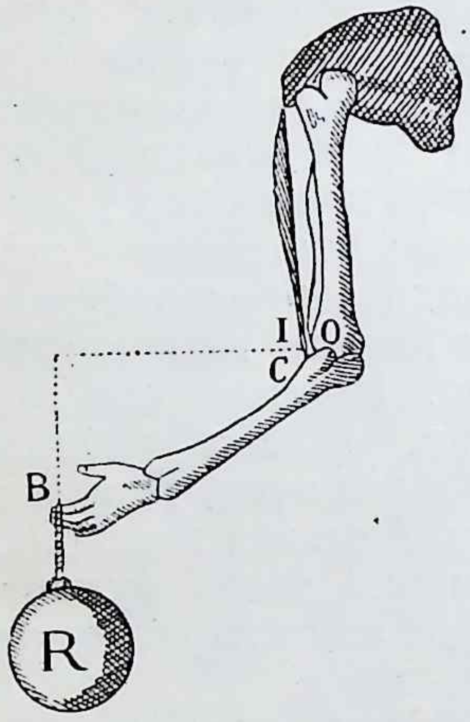
Икенче ысул түбәндәгечә:

Авырлыгы үлчәнергә тиешле әйберне үлчәүнең бер тәлинкәсенә куегыз, ә икенче тәлинкәсенә үлчәүне тигезләндерерлек кадәр ком яки ядрәләр салыгыз. Шуннан соң үлчәнеләчәк әйберне үлчәү тәлинкәсеннән алып (комга тимәгез), аңа үлчәүне тагын тигезләндергәнче герләр салыгыз. Билгеле инде, әйберләрне алыштырган герләрнең авырлыгы әйбер авырлыгына тигез була. Шуңа күрә бу рәвештә үлчәү „алмаштыру юлы белән үлчәү“ д п атала.

Әгәр сезнең дөрес герләрегез булса, бу гади ысулны бер генә тәлинкәле пружиналы үлчәүләрдә дә файдаланырга мөмкин. Монда комның яки ядрәләрнең кирәге юк. Үлчәргә кирәк әйберне үлчәү тәлинкәсенә куегыз да үлчәүнең угы кайсы урында тукталуын билгеләгез. Аннан соң әйберне алып, үлчәү угы сез билгеләгән ноктага җиткәнче үлчәү тәлинкәсенә герләр салыгыз. Бу герләрнең авырлыгы алар урынында булган әйберләрнең авырлыгына тигез.

## Үз-үзеңнән дә көчлерәк

Сез кулыгыз белән күпме йөк күтәрә аласыз? Әйтик, 10 *кг* булсын. Димәк, кул мускулларыгызның көче 10 *кг* га тигез дип уйлыйсызмы? Ялгышасыз: мускулларыгыз шактый көчлерәк! Кулыгыздагы ике башлы мускулның ничек эшләвен тикшереп карагыз (31 нче рәсем). Ул мускулның түбәнге башы рычаг хезмәтен үтәүче беләк сөягенең таяну ноктасы янына беркетелгән, ә йөк шул рычагның икенче башына тәэсир итә. Йөк куелган ноктадан таяну ноктасына (терсәккә) кадәр булган ераклык мускул башыннан шул ук ноктага кадәр ераклыктан 8 тапкыр артыграк. Димәк, йөк 10 *кг* булса да, мускул 8 тапкыр артыграк көч куеп тарта. Кулыбызга караганда 8 тапкыр зуррак көч куеп, мускул үзе генә 10 *кг* түгел, 80 *кг* күтәрә алыр иде.




31 нче рәсем. Кешенең беләк сөяге (*C*) — икенче төр рычаг. Тәэсир итүче көч (ике башлы мускул көче) *I* ноктасына куелган; рычагның таяну ноктасы терсәктә (*O*); рычаг күтәрергә тиешле авырлык (*R* йөге) *B* ноктасына куелган. *BO* арасы (рычагның озын инсәсе) I—0 арасыннан (рычагның кыска инсәсе) 8 тапкыр чамасы артыграк. (Бу рәсем Флоренциядәге XVII гасыр галиме Бореллинең, механика законнарын физиологиядә куллану турында язылган „Хайваннарның хәрәкәте турында“ исемле китабыннан алынды.

Без, һичбер арттырмыйча, һәрбер кешенең көче аның эштә кулланган көченә караганда бик күп зуррак, ягъни безнең мускулларыбыз, без эштә куллана торган көчкә караганда, шактый көчлерәк дип әйтә алабыз.

Мондый төзелеш файдалымы соң? Бер караганда юк шикелле күренә, — биредә һичбер файдасызга көч югала кебек. Ләкин механиканың күптән мәгълүм булган „алтын кагыйдәсен“ искә алыйк: көчтән никадәр оттырыш булса, юлдан шулкадәр отыш була. Шунлыктан, тизлектә дә отыш була: безнең кулларыбыз аларны йөртүче мускулларга караганда 8 тапкыр тизрәк хәрәкәт итәләр. Хайваннар тәнендәге мускуллар-

ның әнә шул рәвештә төзелеше, аякларның тиз хәрәкәт итүләрен тәэмин итә, бу исә яшәү өчен көрәштә көчкә караганда әһәмиятлерәк урын тота. Әгәр безнең кул-аякларыбыз шул рәвештә төзелмәгән булсалар, без бик әкрен хәрәкәт итәр идек.

### Очлы әйбер нилектән кадала?

Ни өчен инә әйберне бик җиңел тишеп чыга ала— сезнең шул турыда уйлап караганыгыз бармы? Ни өчен сукноны яки катыргыны нечкә инә белән тишү ансат, ә тупас кадак белән тишү читен? Ике очракта да бер үк көч тәэсир иткән кебек бит.

Көч бер, ләкин басым бертигез түгел. Беренче очракта барлык көч инәнең очына тупланган, икенче очракта исә шул ук көч кадак очының киң мәйданына таралган; димәк, безнең кулыбыз бер үк көч белән тәэсир итсә дә, инәнең басымы үтмәс коралныкына караганда шактый артыграк.

20 тешле тырманың шул ук авырлыктагы 60 тешле тырмага караганда җирне тирәнрәк көпшәкләндерүен һәркем белә. Нилектән? Чөнки беренче очракта һәр бер тешкә төшкән авырлык икенче очрактагыдан күбрәк.

Сүз басым турында булса, көчнең зурлыгыннан башка, ул көч тәэсир итә торган мәйдан зурлыгын да искә алырга кирәк. Әгәр безгә, берәү мең сум эш хакы алган дисәләр, без аның аз яки күп алганлыгын белмибез; ул аны бер елгамы, бер айгамы алган? — шуны белергә кирәк. Нәкъ шуның кебек үк, көч бер квадрат сантиметрга таралганмы яки ул көч бер квадрат миллиметрның йөздән бер өлешенә тупланганмы — көчнең тәэсире шуларга бәйле.

Кеше чаңгылар белән йомшак карда да батмый йөри, ә чаңгысыз килеш бата. Ни өчен? Чөнки беренче очракта аның гәүдәсенең авырлыгы икенче очрактагыга караганда күп тапкыр артыграк мәйданга тарала. Мәсәлән, чаңгыларның табаны безнең аяк табаннарыбыздан 20 тапкыр артыграк булса, чаңгылар белән безнең карга басымыбыз чаңгысыз торгандагыга караганда 20 тапкыр кимрәк. Беренче басымны көпшәк кар күтәрә, ә икенчесенә түзә алмый.

Шул ук сәбәпне искә алып, баткак урында эшләүче атның баткакка басымын киметү өчен, аларга махсус „башмаклар“ бәйләп, аяк табаннарын киңәйтәләр; болай иткәндә атның аяклары азрак бата. Кайбер баткак урыннарда кешеләр дә шулай эшлиләр.

Юка боз өстеннән чыкканда кешеләр, үзләренең авырлыгын киңрәк мәйданга тарату өчен, боз өстенә ятып, шуышып чыгалар.

Танкларның, гусеницалы тракторларның, үзләре бик авыр булсалар да, йомшак җирләрдә батмый бара алулары авырлыкның зур мәйданга бүленүе белән аңлатыла. Сигез тонналы яки аннан да авыррак гусеницалы машинаның бер квадрат сантиметр җиргә басымы 600 граммнан артык түгел. Бу яктан алганда, баткаклыкларда йөк ташу өчен хезмәт итә торган гусеницалы автомобиль кызыклы. Ике тонна йөк төялгән хәлдә бу машинаның басымы 1 *кв* сантиметрга нибары 160 грамм гына була, шуның аркасында ул торфлы баткаклыкларда, сазлыкларда һәм комлы җирләрдә дә яхшы йөри.

Инә очының тиз керүе өчен аның оч мәйданы кечкенә булуы файдалы, югарыда сөйләнгән очракта исә таяну мәйданының зур булуы файда китерә.

Югарыда сөйләнгәннәрдән инә очының ансат тишеп керә алуы көч тәэсир итү мәйданының бик кечкенә булуы аркасында икәне ачык күренә.

Үткен пычакның тупас пычакка караганда яхшырак кисү сәбәбе дә шул ук — көч тар мәйданга тупланган.

Кыскасы, үткен әйберләр аларның очларына яки кисү йөзләренә зур басым булу аркасында гына ансат тишәләр һәм кисәләр.

## Левиафанга охшатып

Ни өчен артсыз урындыкка утырсаң каты тоела, ә артлы урындык, шулай ук агачтан ясалган булса да, бер дә каты түгел? Гамак шактый каты шнурдан үреп ясалган булса да ни өчен ул ятарга йомшак? Караватка пружиналы матрац урынына куелган тимер чыбык ятьмә ни өчен ятарга каты түгел?

Боларның сәбәбен белү кыен түгел. Артсыз урындыкның өсте яссы; безнең гәүдәбез аның аз гына уры нына терәлә, шунлыктан безнең барлык авырлыгыбыз шул урынга гына төшә. Артлы урындыкның утыргычы батынкы; аның өс мәйданының күп урыны безнең гәүдәбезгә орынып тора; гәүдәбезнең авырлыгы шул киң мәйданга бүленеп төшә: аның һәрбер квадрат сантиметрына азрак авырлык, азрак басым туры килә.

Шулай итеп, биредә бөтен эш — басымның өслеккә тигезрәк бүленүендә. Без йомшак урынга ятсак, анда безнең гәүдәбезнең калкулы урыннары батып торырлык уйсулыклар хасил була. Гәүдәнең басымы биредә урын өстенә шактый тигез бүленә, шуның аркасында һәрбер квадрат сантиметрга басым берничә грамм гына туры килә. Билгеле инде, бу шартларда без үзебезне яхшы хис итәбез.

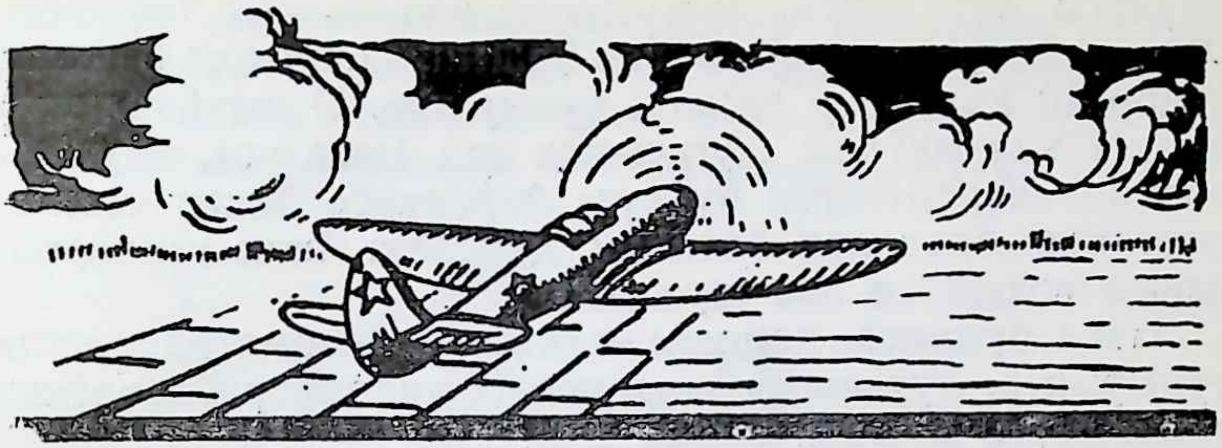
Басымның төрле шартларда төрлечә булуын саннар белән күрсәтү бик җиңел. Олы кеше гәүдәсе өстенең зурлыгы 2 *кв. м*, яки 20 000 *кв. см* чамасы. Без урынга яткач, урынга гәүдәбезнең дүрттән бер өлеше ягъни 0,5 *кв. м*, яки 5000 *кв. см* орынып тора, ди. Безнең авырлыгыбыз 60 *кг* (уртача исәп белән) яки 60000 *г*. Димәк, һәр квадрат сантиметрга 12 *г* гына авырлык туры килә. Әгәр без такта өстенә әйбер җәймичә генә ятсак, безнең гәүдәбезнең аңа терәлеп торган урыннары бик аз, йөз квадрат сантиметр чамасы гына була. Димәк, ул вакыт һәрбер квадрат сантиметрга ун грамм гына түгел, ярты килограмм чамасы басым төшә. Аерма шактый зур, шуңа күрә дә без ул басымны сизәбез, һәм „урын бик каты“ дибез.

Әгәр гәүдәбезнең басымы зур мәйданга тигез бүленеп салынса, иң „каты“ урынның да безгә йомшак булып тоелуы мөмкин. Әйтик, сез йомшак кызыл балчыкка ятып тордыгыз һәм шунда сезнең гәүдәгезнең формасы ясалып калды, дип күз алдына китерик. Сез ул балчыкны шул килеш киптерәсез (кипкән вакытта балчык 5 – 10% утыра, ләкин без алай булмый дип исәплик). Сезнең гәүдәгез батып торган урын таш кебек каткач, шуның эченә гәүдәгезне туры китереп ятып карагыз. Сез таш өстендә ятсагыз да, мамык түшәктә яткан кебек, һичбер катылык сизмәссез. Сез

ул вакыт легендар Левиафанга охшыйсыз. Аның турында Ломоносов үзенең шигырендә болай ди:

Ята үткен ташлар өстендә
Катылыкны һичбер сизми дә,
Үзендәге бөек көчләр өчен
Ташларны да йомшак комга саный.

Ләкин, урынның катылыгын сизмәвебезнең сәбәбе „бөек көчләр“дә түгел, ә бәлки гәүдәбезнең авырлыгы зур урынга бүленеп төшүдә.

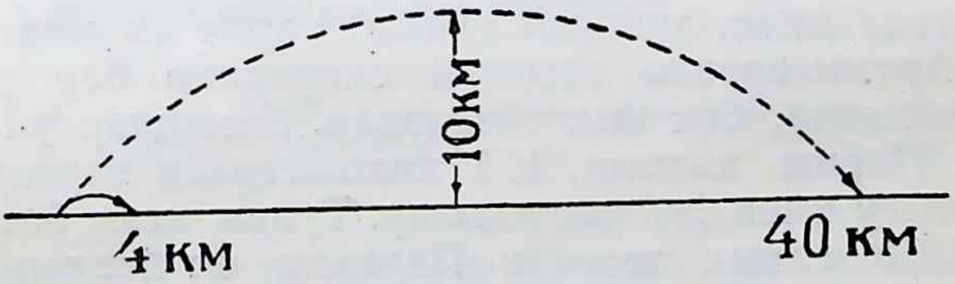


ӨЧЕНЧЕ БҮЛЕК

# ТИРӘЛЕКНЕҢ КАРШЫЛЫГЫ

## Пуля һәм һава

Пуля хәрәкәтенә һава комачаулавын һәркем белә, ләкин һаваның тормозлау көче никадәр зур икәнен ачык итеп күз алдына китерүче аз булыр. Күп кеше, безгә гадәттә бөтенләй сизелми торган, шундый йомшак, күренмәс һаваның мылтыктан атылып киткән пуляга азмы-күпме сизелерлек каршылык күрсәтүе мөмкин түгел дип уйлый.




32 нче рәсем. Пуляның һавадагы һәм бушлыктагы юлы. Атмосфера булмаса, пуля зур дугасыман юл үтәр иде. Сул яктагы кечкенә дуга — пуляның һава аша чынбарлыкта узган юлы.

32 нче рәсемгә карасагыз, һаваның пуляга җитди каршылык күрсәтүен аңларсыз. Әгәр атмосфера булмаса, пуляның юлы сызымдагы зур дугасыман булыр иде; мылтык көпшәсеннән атылып киткән пуляның баштагы тизлеге секундка 620 *м*, атылу юнәлешенең

почмагы 45° булса, зур дугасыман юлның биеклеге 10 километрга җитәр, ә бер башыннан икенче башына кадәр 40 километр чамасы булыр иде. Ә чынбарлыкта пуля 4 километрлы дугасыман юл гына уза. Шул ук рәсемдә күрсәтелгән бу дуга беренчесе белән чагыштырганда бөтенләй беленми диярлек: һава каршылыгының нәтиҗәсе әнә шундый!

Һава булмаса, дошман өстенә 40 километрдан пуля яудырырга, кургашын яңгырын 10 километр биеклеккә җиткерергә мөмкин булыр иде.

## Үтә еракка ату

Хәзерге шартларда да артиллерия йөз километр, хәтта аннан да ераграк торган дошманны утка тота ала. Үтә еракка атуны беренче мәртәбә беренче бөтендөнья сугышының ахырында (1918 ел) кулландылар.

Эре калибрлы тупның көпшәсен зур почмак ясап атканда, һичбер көтмәгәндә, снарядның 20 километр гына түгел, 40 километрга кадәр барып җитүе беленде. Әгәр туп көпшәсен текә каратып, снарядны бик зур тизлек белән атып җибәрсәң, ул атмосфераның каршылыгы бик аз булган югарыгы катлауларына күтәрелә икән; каршылыгы аз тирәлек эчендә снаряд үз юлының шактый зур өлешен үтә дә аннан соң текә генә борылып җиргә төшә.

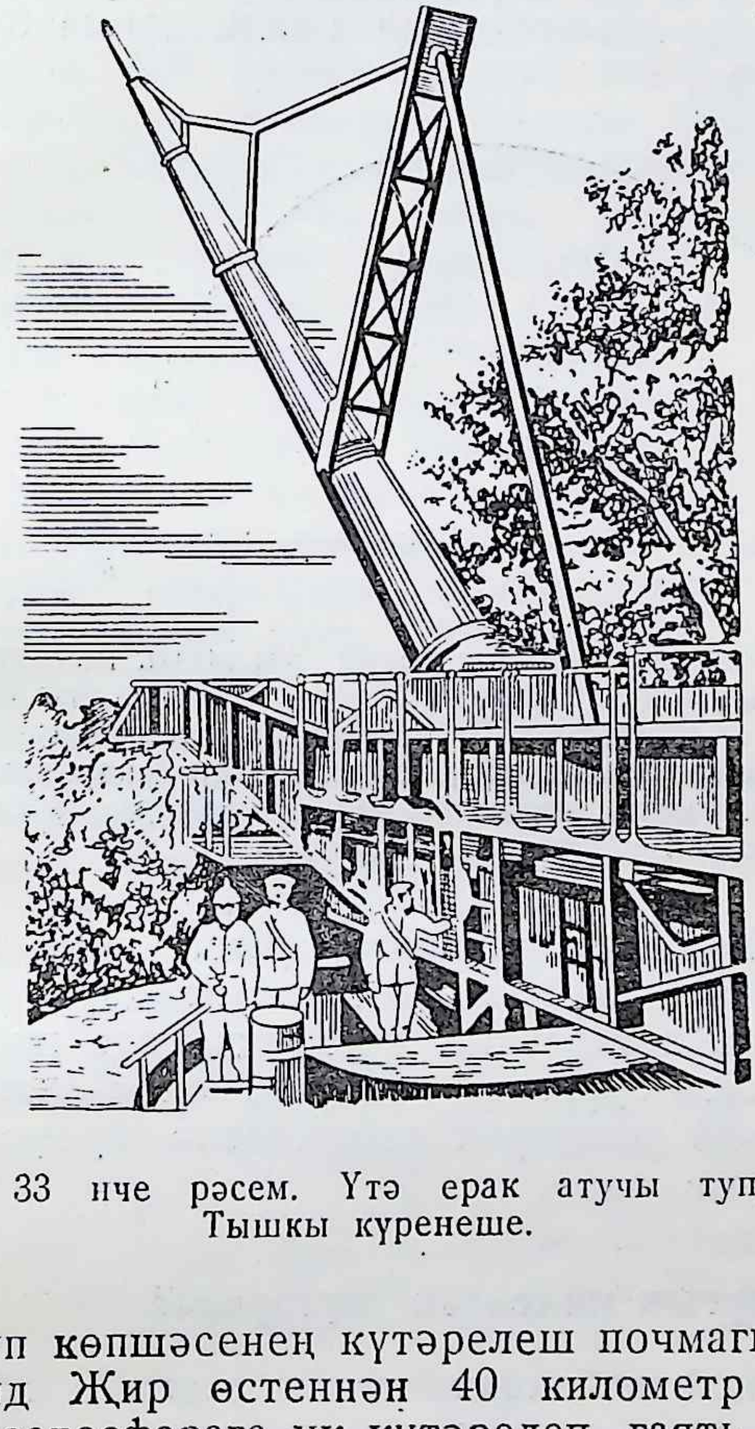
Үтә ерак ату тубы проектын эшләгәндә немецлар әнә шул күзәтү нәтиҗәсен нигез итеп алганнар.

Билгеле инде, мондый тупның хәрби әһәмияте булмады. Артык еракка атылган снарядлар бер урынга гына төшмичә, бик нык чәчеләләр. Немецлар ул тупны тыныч Париж халкын, 115 километрдан варварларча тупка тоту өчен файдаландылар. Тупны ясап бетергәч, алар 1918 елның җәендә Парижга өч йөздән артык снаряд җибәргәннәр.

Соңгы елларда бу тупның серләре ачыла төште һәм без биредә аның турында кайбер кызыклы мәгълүматлар китерә алабыз.

Ул туп — 34 метр озынлыктагы, бер метр юанлыктагы корыч көпшә; аның арткы стенасының калынлыгы 40 *см.* Тупның авырлыгы 750 тонна. Аның 120 килограмм авырлыктагы снарядларының буе бер метр, юанлыгы 21 *см.* Ул 150 килограмм дары белән корыл-

ган. Бу дары шартлаганда чыккан газларның басымы 5000 атмосферадан артык булган һәм шул басым көче белән снаряд секундка 2000 метр тизлек белән атылып киткән (33 һәм 34 нче рәсемнәр). Аткан вакытта



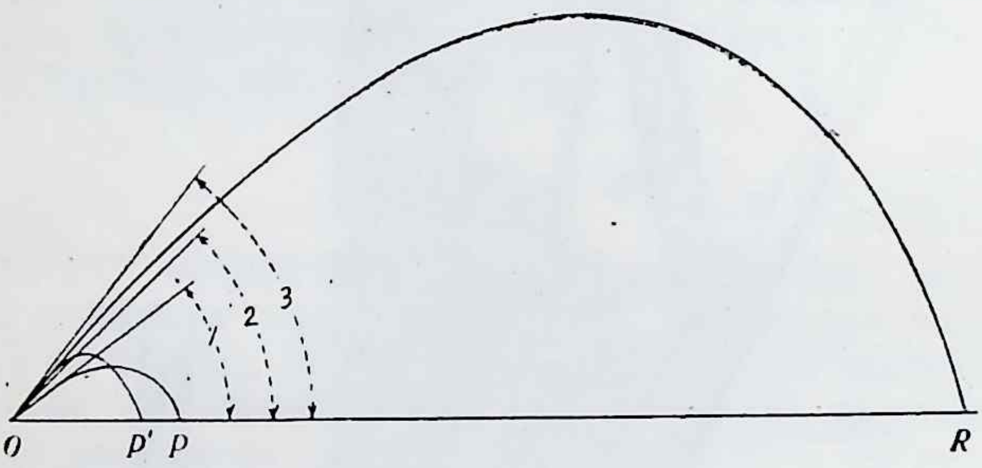
33 нче рәсем. Үтә ерак атучы туп. Тышкы күренеше.

34 нче рәсем. Үтә ерак атучы тупның снаряды һәм корылмасы.

туп көпшәсенең күтәрелеш почмагы 52° булган; снаряд Җир өстеннән 40 километр биеклеккә, ягъни стратосферага ук күтәрелеп, гаять зур дугасыман юл буйлап барган. Позициядән Парижга кадәр юлны (115 *км*) снаряд $3^1/_2$ минутта узган, аның ике минутын ул стратосферада очкан.

Хәзерге вакытта 120 километрга, хәтта аннан даераграк ата алучы артиллериянең беренче бабасы әнә шундый булган. Үтә ерак атучы туп белән тулырак танышасы килгән укучылар В. Внуковның „Йөз кило-

метрга атарга мөмкинме?“ исемле кызыклы брошюрасында бу турыда күп мәгълүмат таба алалар (1935 елда аның бишенче басмасы чыкты). Биредә 33 һәм 34 нче рәсемнәр шуннан алынды. 35 нче рәсемдә төрле зурлыктагы почмак ясап куелган үтә ерак атучы туп снарядларының узган юллары арасында нинди аерма булуы ачык күрсәтелгән.




35 нче рәсем. Үтә ерак атучы туп көпшәсенең авышлык почмагы үзгәрүгә карап, снарядның очыш ераклыгы үзгәрә: *1* почмагы белән атылганда, снаряд *P* ноктасына, *2* почмагы белән атылганда *P'* ноктасына барып төшә. *3* почмагы белән атылган снарядның юлы күп тапкыр артып китә, чөнки снаряд атмосфераның бик сирәкләнгән катлавына күтәрелә.

Пуляның (яки снарядның) баштагы тизлеге никадәр зур булса, һаваның аңа каршылыгы да шулкадәр күбрәк була: ул каршылык тизлеккә пропорциональ гына түгел, бәлки тизлекнең зурлыгына карап, аның квадратына һәм аннан да югарырак дәрәҗәсенә пропорциональ рәвештә арта.

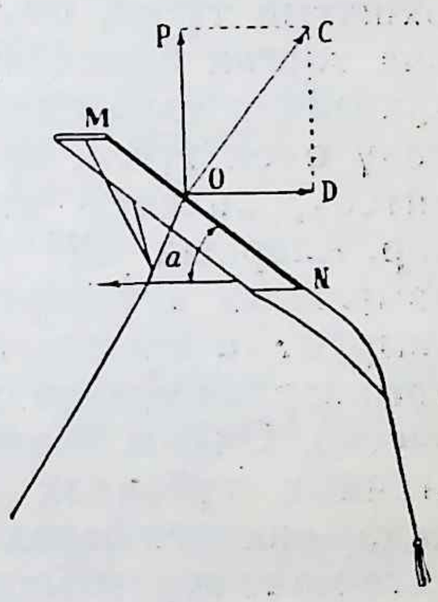
## Кәгазь очыргыч нилектән күтәрелә?

Кәгазь очыргычны җебеннән тотып алга таба тартып барганда ни өчен ул югары күтәрелә — шул турыда уйлап караганыгыз бармы?

Әгәр сез бу сорауга җавап бирә алсагыз, аэропланның да ни өчен күтәрелеп китә алуын, өрәңге орлыкларының ничек һавада күтәрелеп йөри алуларын һәм, хәтта, бумерангның да гаҗәп хәрәкәтенең серен берникадәр аңларсыз. Бу күренешләрнең барысының да нигезе бер. Пулялар һәм снарядларның хәрәкәтенә

бик зур каршылык күрсәткән һава өрәңге орлыкларына, кәгазь очыргычларга гына түгел, дистәләрчә юлчылар утырткан авыр самолетларга да югары күтәрелеп торырга ярдәм итә.

Кәгазь очыргычның ничек күтәрелүен аңлау өчен гади генә сызымнан файдаланырга туры килер (36 нчы рәсем). *MN* сызыгы очыргычның киселеше булсын. Очыргычны җебеннән тартып очыртып җибәргәндә, ул койрыгының авырлыгы аркасында, авышрак торган хәлдә хәрәкәт итә. Әйтик, ул хәрәкәт уннан сулга таба, ди. Очыргыч яссылыгының горизонтка карата авышлык почмагын *a* хәрефе белән билгелик. Бу хәрәкәт вакытында очыргычка нинди көчләр тәэсир итүен тикшерик. Билгеле инде, һава аның хәрәкәтенә комачаулык итәргә, очыргычка берникадәр басым ясарга тиеш. Бу басым 36 нчы рәсемдә *OC* угы белән күрсәтелгән; һаваның басымы яссылыкка һәрвакыт перпендикуляр юнәлештә булганлыктан, *OC* сызыгы *MN* га карата туры почмак ясап сызылган. *OC* көчен параллелограмм кагыйдәсе буенча ике көчкә таркатырга мөмкин: *OC* көче урынына *OD* һәм *OP* көчләре килеп чыгар. Ул көчләрнең берсе—*OD* безнең очыргычны артка таба этәр, димәк, ул аның баштагы тизлеген киметер. *OP* көче исә очыргычны югары таба этә, димәк, ул аның авырлыгын кимәтә, һәм, әгәр ул көч җитәрлек кадәр зур булса, очыргычның авырлыгын җиңеп, аны югары күтәрә дә ала. Шуңа күрә очыргычны алга таба тартканда, ул өскә күтәрелә. Биредә бу күренешнең тупас схемасы гына бирелде; самолетның күтәрелүенә ярдәм итүче башка шартлар да бар, аларны беренче мәртәбә Н. Е. Жуковский искә алган[1].




36 нчы рәсем. Кәгазь очыргычка нинди көчләр тәэсир итә.

---

[1] „Кызыклы физика"ның 2 нче китабында „Дулкыннар һәм өермәләр"не кара.

Самолет та очыргычка охшый, лəкин очыргычны без кул белəн хəрəкəт иттерсəк, самолетны пропеллер хəрəкəт иттерə; пропеллер үзенең канатлары белəн һаваны артка таба этеп, самолетны алга таба хəрəкəтлəндерə, димəк, очыргыч шикелле, аны өскə күтəрелергə мəҗбүр итə.

## Җанлы планёрлар

Күрəсез, самолетлар, гадəттə уйланганча, кошларга охшатып түгел, очучы тиенгə, йон канатлыларга яки оча торган балыкларга охшатып төзелгəннəр. Хəер, бу хайваннар үзлəренең очкыч ярыларыннан югары күтəрелү өчен түгел, еракка сикерү өчен, яки очучыларча əйтсəк, „планёр кебек очып төшү" өчен файдаланалар. Аларның *OP* көче (36 нчы рəсем) гəүдəлəренең авырлыгын күтəрергə җитəрлек түгел; ул көч аларның авырлыгын киметə генə һəм шуның аркасында югары урыннардан еракка сикереп төшəргə ярдəм итə (37 нче рəсем). Очучы тиеннəр бер агачның башыннан икенче агачның түбəнрəк ботагына 20—30 метр ераклыкка кадəр сикереп баралар. Ост-Индиядə һəм Цейлонда бездəге мəче зурлыгындагы, ягъни эрерəк очучы тиеннəр—

37 нче рəсем. Очучы тиеннең тыныч торган чагы һəм очып барган моменты. Бу тиеннəр югары урыннардан торып 20—30 метрга кадəр сикерə алалар.

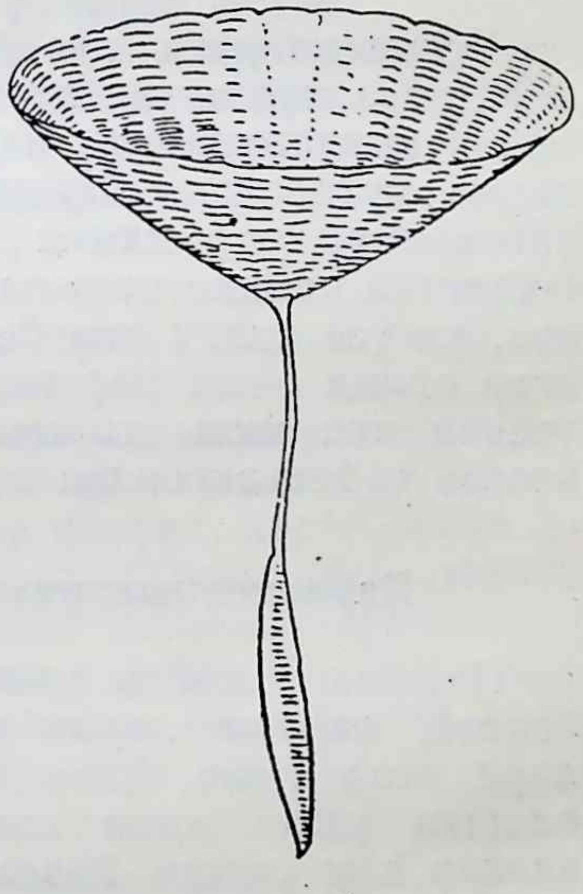
тагуаннар яши, „планёр“ларын җәеп җибәргәндә алар ның киңлеге ярты метрга җитә. Очкыч ярыларыны шундый киң булуы ул хайваннарга, гәүдәләре чагыштырмача шактый авыр булуга да карамастан, 50 метрга кадәр сикерергә мөмкинлек бирә. Зонд һәм Филиппин утрауларында яшәүче йон канатлылар исә хәтта 70 метрга кадәр сикерәләр.

## Үсемлекләрнең моторсыз очулары

Үсемлекләрнең дә кайберләре үзләренең җимешләрен, орлыкларын ераграк тарату өчен планёрлардан файдаланалар. Күп кенә үсемлекләрнең җимешләрендә һәм орлыкларында йонлач пумалалары була (мәсәлән, тузганак, мамык, кәҗә сакалы), алар парашют хезмәтен үтиләр; ә кайберләрендә янга чыгып торган канатсыман чыгынтылары һ. б. була. Андый планёрлы орлыкларны ылыслы агачларда, өрәңгедә, карамада, каенда, юкәдә һәм зонтиклы үсемлекләрдә күрергә мөмкин.

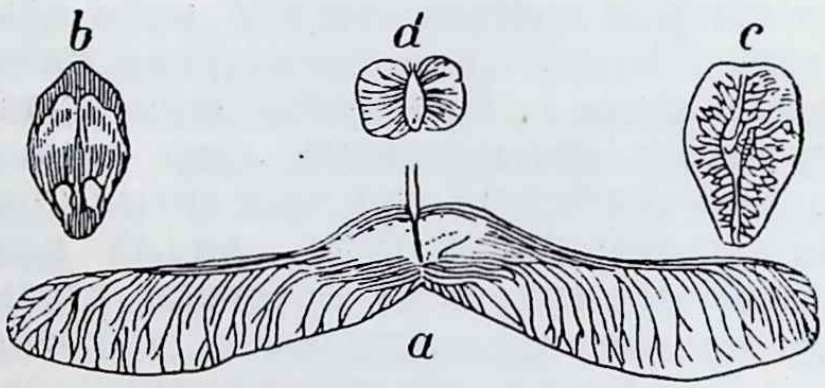
Кернер фон-Марилаунның „Үсемлекләрнең тереклеге“ исемле күренекле китабында бу турыда түбәндәгеләр язылган:

„Кояшлы, җилсез көннәрдә күп кенә җимешләр һәм орлыклар вертикаль юнәлештә һава агымы белән шактый югары күтәреләләр, ләкин кояш батканнан соң, гадәттә, шул тирәгә тагын төшәләр. Мондый очу, үсемлекләрнең еракка таралуларыннан да бигрәк, аларның кәрнизләргә, текә ярлар һәм тауларның ярыкларына урнашуы өчен бик мөһим, чөнки башка юл белән орлыклар андый урыннарга җитә алмаслар иде. Һаваның горизонталь агымнары исә үсемлекләрнең җимешләрен һәм орлыкларын бик еракка алып китә алалар.


38 нче рәсем. Кәҗә сакал орлыгы.

„Кайбер үсемлекләрнең орлыкларындагы канатлары һәм парашютлары алар очкан вакытта гына ябышып тора. Шайтан таягының орлыклары һавада тыныч кына очып йөриләр; ләкин берәр киртәгә очрау белән орлык үзенең парашютыннан аерыла да җиргә төшә. Шайтан таякларының стена, койма буйларында күп үсүе әнә шуның белән аңлатыла. Ә кайбер орлыклар парашютларыннан бер дә аерылмыйлар".

38 һәм 39 нчы рәсемнәрдә „планёрлы" кайбер җимешләр, орлыклар күрсәтелгән.




39 нчы рәсем. Үсемлекләрнең очып йөрүче орлыклары: *a* — өрәңге, *b* — нарат, *c* — карагач, *d* — каен орлыклары.

Үсемлекләрнең планёрлары кеше ясаган планёрга караганда күп яктан яхшырак та булалар. Алар үзләренең авырлыкларына караганда шактый зуррак йөкләрне күтәрәләр. Шуның өстенә „үсемлек-самолет" автоматик тотрыклыгы белән дә аерыла; мәсәлән, Һиндстан ясмине орлыгын кире ягы белән әйләндерсәң, ул үзе калку ягы белән түбән таба әйләнеп куя; әгәр орлык очып барганда берәр киртәгә очраса, ул үзенең тотрыклы торышын югалтмый, төшеп китми, йөзгән кебек әкренләп кенә төшә.

### Парашютчыларның дәвамлы сикерүләре

Парашют спорты мастерларыбызның бик зур биеклектән, парашютларын ачмыйча, батырларча сикерүләре искә төшә. Алар үзләренең төшү юлының күп өлешен узгач кына алкадан тартып парашютларын ачалар һәм калган йөзләрчә метрны, зонтлары белән йөзеп, әкрен генә төшәләр. 1934 елда парашютчы Евдокимов 8 километр биеклектән шулай сикерде һәм

парашют белән „озаклап“ төшүдә дөнья рекорды казанды.

Парашютны ачмыйча „таш кебек“ атылып төшкәндә кеше буш пространстводагы кебек оча дип уйлаучылар күп кенә. Әгәр чыннан да шулай булса, әгәр һавада кеше буш пространстводагы кебек төшсә, „озаклап“ төшү чынбарлыктагыга караганда шактый тизрәк булыр һәм соңгы секундларда төшү тизлеге гаять зур булыр иде. 7900 метр биеклектән әйбер (Евдокимов шундый биеклектән сикергән) буш пространствода җиргә 40 секундта төшеп җитәр һәм аның соңгы тизлеге секундка 400 метрга җитәр иде. Евдокимов исә шул ук араны парашютын ачмыйча 142 секундта очып үткән һәм аның соңгы секундтагы тизлеге югарыда әйтелгән тизлектән 7—8 тапкыр кимрәк булган.

Бу аерманың сәбәбе ачык: һаваның каршылыгы тизлекнең артуына ирек бирми. Озакка сузылган төшү вакытында парашютчының тизлеге беренче ун секунд эчендә генә, юлның беренче йөз метрларында гына арта. Тизлек арту белән һаваның каршылыгы шулкадәр зурая ки, бераздан соң тизлек үзгәрми башлый. Тизләнешле хәрәкәт тигез хәрәкәткә әйләнә.

Исәпләүләр буенча, озакка сузылган төшүнең механика күзлегеннән караганда гомуми картинасы болай. Парашютчының тизләнешле хәрәкәт белән төшүе 12 секунд, яки гәүдәсенең авырлыгына карап, аннан да азрак дәвам итә. Шул вакыт эчендә ул 400—450 метр төшеп өлгерә һәм аның тизлеге секундка 50 метрга җитә. Калган юлны инде шул тизлек белән тигез хәрәкәт итеп төшә.

Су тамчыларының төшүләре дә шул рәвештәрәк була. Аерма тик шунда гына — су тамчысының башта тизләнешле хәрәкәте бер генә секунд, хәтта аннан да азрак дәвам итә. Шуңа күрә, су тамчысының, шулай ук яңгыр тамчысының да соңгы тизлеге, парашютчының озакка сузылган төшүендәге кебек үк, артык зур булмый: тамчының зурлыгына карап, ул секундка 2 метрдан алып 7 метрга кадәр булырга мөмкин[1].

---

[1] Яңгыр тамчыларының тизлеге турында минем „Кызыклы механика“ исемле китабымда тулырак сөйләнде; озакка сузылган төшү турында „Сез физиканы беләсезме?“ исемле китабымны карагыз.

## Бумеранг

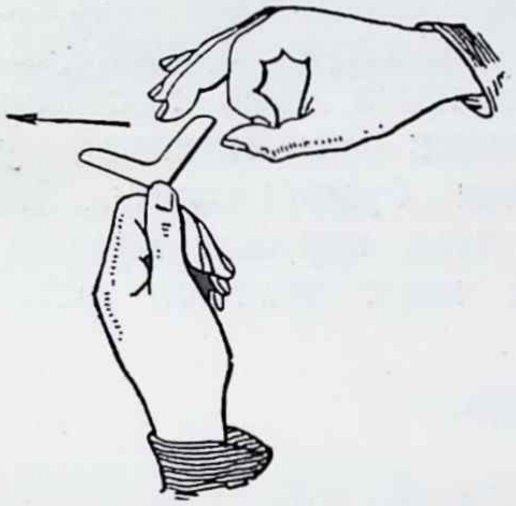
Борынгы заман техникасының иң камил казанышларыннан берсе булган бу оригиналь корал галимнәрне озак вакыт таңга калдырып килде. Чыннан да, бумерангның һавада очып барганда ясаган гаҗәп катлаулы фигуралары һәркемне аптырашта калдырырлык (40 нчы рәсем).

40 нчы рәсем. Ауга чыккан австралияле агач артыннан торып кошларга бумеранг ыргыта. Бумеранг тими калса, пунктир сызык буйлап оча.

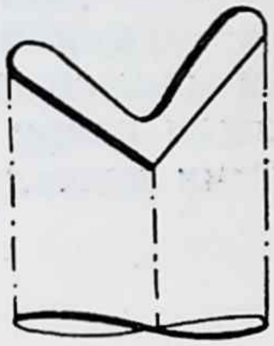
Бумерангның очу теориясе хәзерге вакытта бик җентекләп тикшерелде һәм ул хәзер элекке „могҗиза“ түгел инде. Бу мәсьәләнең ваклыкларына тукталып тормыйбыз. Бары тик шуны гына искә алабыз: бумерангның гадәттән тыш очу юлы өч төрле сәбәпнең бер-беренә тәэсире нәтиҗәсендә хасил була. Ул сәбәпләр болар: 1) бумерангның башта ыргытып җибәрелүе, 2) бумерангның әйләнү хәрәкәте, 3) һаваның каршылыгы. Австралияле кеше бу өч факторны бер-беренә инстинктив рәвештә бәйли ала; нәтиҗә үзе теләгәнчә булсын өчен, ул бумерангның авышлык почмагын да, ыргытып җибәрү көчен һәм юнәлешен дә бик зур осталык белән үзгәртә.

Хәер, бумеранг җибәрүдә һәркемнең дә берникадәр остаруы мөмкин.

Бу эшкә бүлмәдә генә тәҗрибә ясап өйрәнү өчен, катыргы кәгазьдән кисеп ясалган бумерангтан (41 нче рәсем) файдаланырга мөмкин. Аның һәрбер ябенең озынлыгы 5 *см* чамасы, ә киңлеге бер сантиметрдан бераз кимрәк булырга тиеш. Шул кәгазь бумерангны



41 нче рәсем. Кәгазь бумеранг һәм аны атып җибәрү ысулы.



42 нче рәсем. Кәгазь бумерангның икенче формадагысы (натураль зурлыкта).

баш бармак тырнагы астына кыстырып куегыз да аның очына чиертегез; бармакның бәрелү юнәлеше алга таба, ләкин бик аз гына өскәрәк булсын. Бумеранг биш метрлап очып барып, салмак кына борылыр (кайвакыт аның бу борылышы бик кызыклы була) һәм, әгәр бүлмәдә берәр нәрсәгә бәрелмәсә, сезнең аягыгыз янына кайтып төшәр.

Әгәр бумеранг 42 нче рәсемдә күрсәтелгән формада һәм шул натураль зурлыкта итеп эшләнсә, тәҗрибә тагын да уңышлырак чыга. Бумерангның япьләрен винтсыман итеп бераз бөксәң, яхшы була (42 нче рәсем, түбәндә). Берникадәр күнеккәннән соң, мондый бумерангны һавада катлаулы кәкре сызыклар буенча хәрәкәт иттереп, атыл-

43 нче рәсем. Бумеранг ыргытучы борынгы Мисыр сугышчысы.

ган урынына яңадан әйләнеп кайтарырга мөмкин.

Гадәттә уйланганча, бумеранг Австралия халкына гына хас булган корал түгел. Ул Һиндстанның да төрле урыннарында кулланыла; стеналарга ясалган борынгы рәсемнәргә караганда, аны Ассирия сугышчылары да корал итеп кулланганнар. Борынгы Мисыр һәм Нубиядә дә бумеранг мәгълүм булган (43 нче рәсем). Бумерангның Австралиягә генә хас бер ягы бар, ул—бумерангның винтсыман итеп бөгелгән улуы. Шуның аркасында Австралия бумеранглары һавада бик гаҗәп кәкре сызыклар ясап хәрәкәт итәләр һәм әгәр тими калсалар, атучыга кире әйләнеп кайталар.

ДҮРТЕНЧЕ БҮЛЕК

# ӘЙЛӘНҮ ХӘРӘКӘТЕ. „МӘҢГЕЛЕК ДВИГАТЕЛЬЛӘР“.

## Йомырканың пешкәнен, пешмәгәнен ничек белергә?

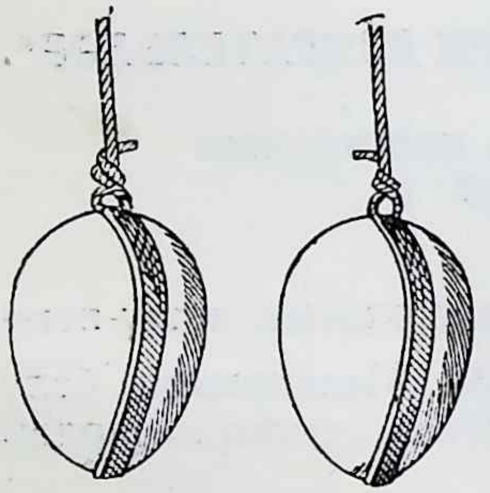
Кабыгын ватып карамый гына йомырканың пешү-пешмәвен белү өчен нишләргә кирәк? Механиканы белү сезгә бу кечкенә генә кыенлыктан котылырга ярдәм итәчәк.

Эш менә нәрсәдә: пешкән һәм чи йомыркаларның әйләнү хәрәкәтләре икесенеке ике төрле була. Бу мәсьәләне чишү өчен әнә шуннан файдаланырга мөмкин. Тикшерергә кирәкле йомырканы яссы тәлинкәгә куялар да ике бармак белән тотып әйләндереп җибәрәләр (44 нче рәсем). Пешкән йомырка (бигрәк тә каты пешкәне) чи йомыркага караганда шактый тизрәк һәм озаграк әйләнә. Чи йомырканы әйләндереп җибәрү дә читен ә каты пешкән йомырка бик тиз әйләнә, хәтта ул яньчелгән эллипсоид рәвешендә күренә башлый һәм очлы башы белән басарга да мөмкин.

44 нче рәсем. Йомырканы ничек әйләндереп җибәрергә.

Бу күренешләрнең сәбәбе — каты пешкән йомырканың тоташтан каты әйбер кебек әйләнүендә; ә чи йомырканың сыекчасы тиз генә әйләнә башламый, үзенең инерциясе белән йомырканың кабыгын тоткарлый; ул тормоз ролен уйный.

Пешкән һәм чи йомыркаларның әйләнүдән тукталулары да бер-беренә охшамый. Әйләнеп торучы пешкән йомыркага бармак тидерсәң, ул шунда ук туктый. Чи йомырка исә бик азга гына тукталып кала, ләкин бармакны алгач тагын бераз әйләнеп тора. Бу күренеш тә инерция аркасында була: чи йомырка эчендәге сыек масса каты кабык тукталганнан соң да әйләнеп тора; ә пешкән йомырканың эче аның кабыгы белән бер үк вакытта туктала.



45 нче рәсем. Элеп куелган йомыркаларның әйләнүенә карап, пешкәнме, чиме икәнен ничек белергә.

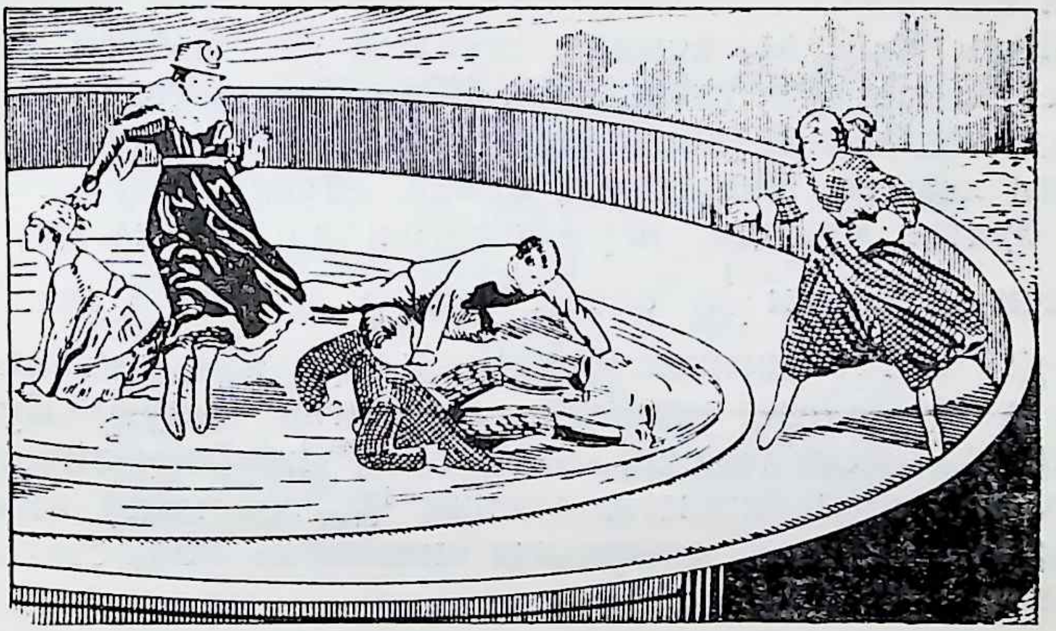
Бу тәҗрибәләрне башка юл белән дә ясарга мөмкин. Чи һәм пешкән йомыркаларга, 45 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә, „меридиан" буйлап резина бөҗра кигезегез һәм икесен дә бертигез җепкә элеп куегыз. Ике бауны да бертигез санда бөтерегез дә ычкындырып җибәрегез. Чи һәм пешкән йомыркаларның аермасы шунда ук күренер. Пешкән йомырка баштагы торышына кайткач, инерция белән әйләнүен дәвам иттереп, бауны кире якка таба бөтерер, аннан соң бауны яңадан сүтәр,— шул рәвештә йомырка әле бер, әле икенче якка берничә тапкыр әйләнеп торыр. Чи йомырка бер-ике әйләнә дә, пешкән йомыркага караганда шактый элек туктала: аның хәрәкәтен эчендәге сыекчасы тормозлый.

## „Шайтан тәгәрмәче"

Зонтикны ачып, башын идәнгә терәтеп куегыз да, сабын тотып әйләндерегез; аны тиз-тиз әйләндерү кыен түгел. Хәзер инде зонтик эченә резина туп яки бөгәрләнгән кәгазь ташлагыз: салынган әйбер анда калмас, читкә ыргытылыр; гадәттә аны „үзәктән куу

көче“ ташлый дип сөйлиләр, ләкин бу дөрес түгел — бу хәл инерция аркасында гына була.

Туп яки кәгазь зонтик белән әйләнеп, берникадәр тизлек алгач та, инерция аркасында, үзенең туры сызыклы хәрәкәтен дәвам иттерә. Зонтикның һәрбер ноктасындагы хәрәкәт тизлеге орынма сызык буйлап юнәлгән, шуңа күрә туп радиус буйлап түгел, әйләнү юлына орынма сызык буйлап читкә ташлана.



46 нчы рәсем. „Шайтан тәгәрмәче“. Әйләнә торган түгәрәк өстендәге кешеләр, инерция белән, аннан читкә ташланалар.

Кайбер ял итү бакчаларында була торган, „шайтан тәгәрмәче“ дигән үзенә бертөрле көлдергечнең төзелеше әйләнү хәрәкәтенең әнә шул эффектына нигезләнгән (46 нчы рәсем).

Тамашачылар биредә инерциянең тәэсирен үз-үзләрендә сынап карыйлар. Кешеләр түгәрәк мәйданчыкка кереп, кем ничек тели шулай — кайсы басып, кайсы ятып яки утырып торалар. Аска яшерелгән мотор мәйданны вертикаль күчәр тирәсендә әкрен генә әйләндерә, аның әйләнеше торган саен тизләнә бара. Шул вакыт платформада булган кешеләр аның кырыена таба шуа башлыйлар. Башта бу хәрәкәт сизелер-сизелмәс кенә була, ләкин „юлчылар“ үзәктән ераклаша барып зуррак радиуслы әйләнәләргә күчкән саен, инерция белән хәрәкәт ныграк сизелә. Бер урында торырга никадәр тырышсалар да һичбер файда бул-

мый, кешеләр „шайтан тәгәрмәченнән“ чыгарып ташла624налар.

Зонтик эчендәге туп ничек хәрәкәт итсә, кешеләр белән дә шулай була. Берникадәр тизлеккә ирешкәч, алар (инерция законы буенча) шул тизлек белән туры сызык буйлап хәрәкәт итәргә тиешләр. Диск исә әйләнә һәм кешеләр астыннан читкә „китә“. Диск өсте шома һәм аның тотынырлык бер әйбере дә булмаганлыктан, кешеләр орынма сызык буйлап мәйданнан читкә очып китәләр.

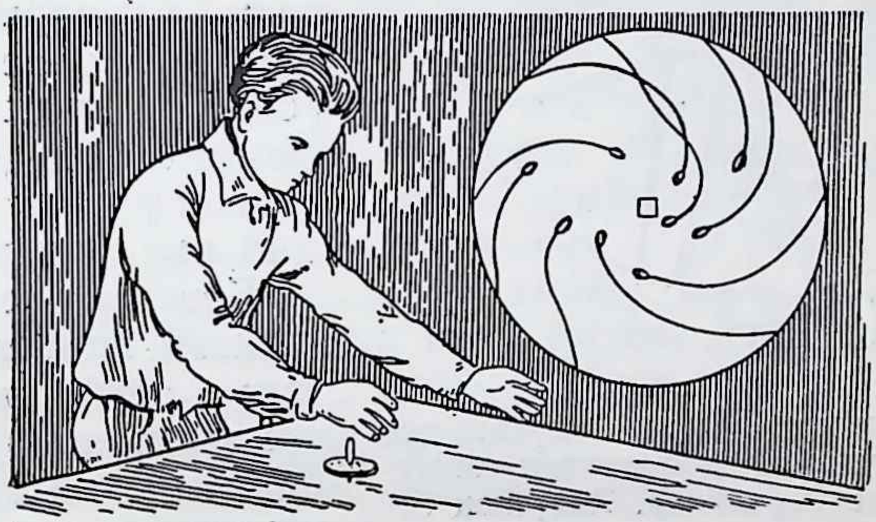
Җир шары да, асылда, шундый ук „шайтан тәгәрмәче“, ләкин ул гаять зур. Җир безне үз өстеннән читкә ташламый, ләкин шулай да безнең авырлыгыбызны киметә. Экваторда, ягъни әйләнеш тизлеге иң зур булган урында, шул сәбәп аркасында, әйбернең авырлыгы $\frac{1}{300}$ өлеше кадәр кимрәк була. Экваторда әйбер авырлыгы кимрәк булуның икенче сәбәбе дә бар (Җир шарының кысылган булуы). Бу сәбәпне дә искә алсак, экваторда һәрбер әйбернең авырлыгы ярты процент (ягъни $^1/_{200}$ өлешкә) кимрәк була; зур кешенең авырлыгы экваторда полюстагыдан 300 *г* чамасы кимрәк.

## Язу карасы тамчыларыннан өермә

47 нче рәсемдә (уңда) күрсәтелгән зурлыкта итеп, шома ак катыргыдан түгәрәк ясагыз, һәм очланган шырпыны шул түгәрәкнең үзәгенә кадагыз. Шырпыны очлы башы белән бастырып, түгәрәкне әйләндереп җибәрү өчен зур осталык кирәк түгел: шырпының югары башын ике бармак белән бөтерелдереп, шома әйбер өстенә бик тиз төшереп җибәрергә генә кирәк.

Мондый бөтерчек белән бик күргәзмәле тәҗрибә ясарга мөмкин. Аны әйләндереп җибәрүдән элек, катыргының өске ягына берничә урынга аз-азлап кына кара тамызыгыз. Ул тамчылар кибеп өлгергәнче бөтерчекне тиз генә әйләндереп җибәрегез. Бөтерчек тукталгач, андагы тамчыларны карагыз: һәрбер тамчы түгәрәкнең кырыена таба спиральсыман кәкре эз калдырып аккан була һәм ул кәкре сызыклар барысы бергә өермәне хәтерләтәләр.

Аларның өермәгә охшавы очраклы хәл түгел. Түгәрәк катыргы өстендәге кара тамчыларының бөтерелмәле эзләре нәрсә турында сөйлиләр соң? Алар кара тамчыларының хәрәкәт эзләре. Әйләнә торган „шайтан тәгәрмәче“ өстендәге кешегә нинди көч тәэсир итсә, тамчыларга да шул ук көч тәэсир итә. Үзәктән куылу көче эффекты белән тамчы үзәктән читкәрәк киткән саен, ул түгәрәк катыргының тагын да тизрәк әйләнә торган урыннарына күчә, андагы тизлек тамчының үз тизлегеннән зуррак була.



47 нче рәсем. Әйләндереп җибәрелгән түгәрәк катыргы өстендәге кара тамчыларының агып төшү эзләре.

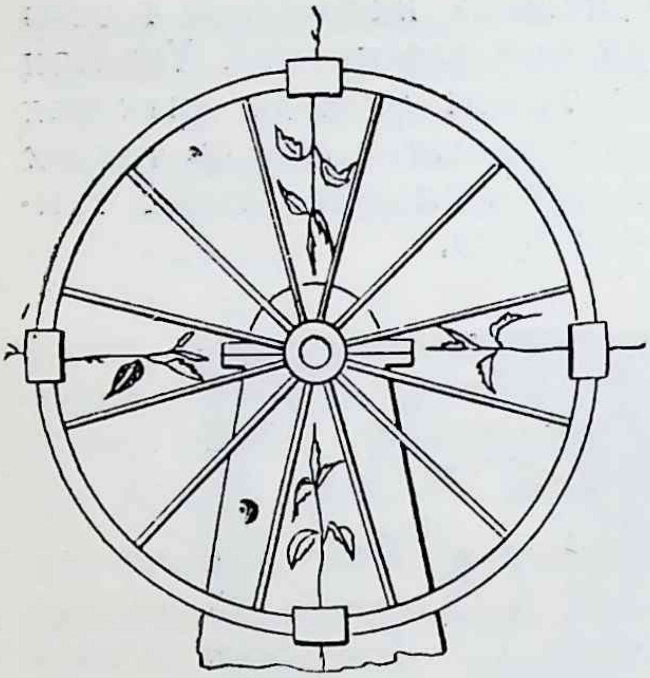
Ул урыннарда катыргы тамчы астыннан шуып чыгып, тамчыдан узып китә. Тамчы катыргыдан артка калгандай, радиустан артка чигенгәндәй була. Шуңа күрә аның юлы кәкрәя, — без кәкре хәрәкәт эзен күрәбез.

Атмосфераның югары басымлы урыннан читкә таралучы һава агымнары („антициклоннарда“) яки түбән басымлы урыннарга җыелучы һава агымнары да („циклоннарда“) шулай хәрәкәт итәләр. Кара тамчыларының боргаланган эзләре шул гигант һава агымнарының кечкенәсен хәтерләтә.

## Алданган үсемлек

Әйберне бик тиз әйләндергәндә үзәктән куу көченең эффекты Җир тарту көче тәэсиреннән артып китүе дә мөмкин. Гади тәгәрмәч әйләнгәндә нинди

зур үзәктән куылу көче барлыкка килгәнен күрсәтүче кызыклы тәҗрибә ясап була. Яшь үсемлек сабагының авырлык көченә каршы юнәлештә, ягъни, гади генә итеп әйткәндә, югарыга таба үскәнен без беләбез инде. Ләкин сез аны бик тиз әйләнә торган тәгәрмәчнең тугымында үстереп карагыз. Сез гаҗәп бер нәрсә күрерсез: үсемлекнең тамырлары тышка таба үсәләр, ә үсемлек үзе тәгәрмәчнең радиусы буйлап уртага таба үсә (48 нче рәсем).



48 нче рәсем. Әйләнеп торган тәгәрмәч тугымына беркетелгән савытларда үсүче борчаклар. Аларның сабаклары тәгәрмәчнең күчәренә, тамырлары тышка таба үсәләр.

Без бу үсемлекне алдаган шикелле иттек: авырлык көче урынына аңа башка бер көч, тәгәрмәчнең үзәгеннән читкә таба юнәлгән көч тәэсир итте. Үсемлек һәрвакыт авырлык көченә каршы юнәлештә үскәнлектән, бу очракта ул тәгәрмәчнең тугымыннан күчәренә таба сузылып үсте. Безнең ясалма авырлыгыбыз табигый авырлыктан көчлерәк булып чыкты[1] һәм яшь үсемлек шул ясалма көч тәэсире белән үсте.

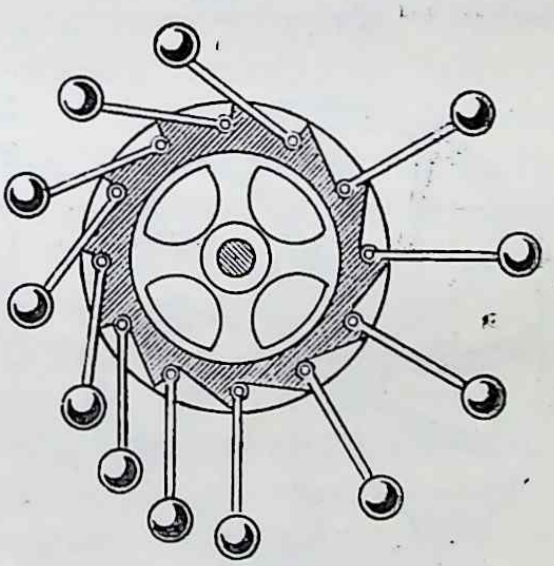
## „Мәңгелек двигательләр“

„Мәңгелек двигатель“ һәм „мәңгелек хәрәкәт“ турында үз мәгънәсендә дә күчерелмә мәгънәдә дә сөйлиләр, ләкин бу сүзләрдән нәрсәне аңларга кирәклеген барлык кеше дә ачык итеп белми. Мәңгелек двигатель — ул һич туктаусыз үзеннән-үзе хәрәкәт итә һәм, шуның өстенә, нинди дә булса берәр файдалы эш башкара (мәсәлән, йөк күтәрә) ала торган хыя-

[1] Хәзерге вакыттагы карашлар буенча бу ике көч арасында принципиаль аерма юк.

лый механизм. Бик күптәннән бирле мондый механизмны ясарга тырышып караучылар булса да, хәзергә кадәр аны берәүнең дә ясый алганы юк. Бу маташуларның һичбер нәтиҗә бирмәве мәңгелек двигатель ясау мөмкин түгеллеккә бик нык ышандырды һәм хәзерге заман фәненең нигезен — энергия саклану законын тәмам карарлаштырды. Мәңгелек хәрәкәт исә—һичбер эш башкармыйча туктаусыз хәрәкәтләнеп тору дигән сүз.

49 нчы рәсемдә үзеннән-үзе хәрәкәт итә торган уйланма механизм — бик борынгы мәңгелек двигатель проектларыннан берсе күрсәтелгән. Хәзер дә әле эшкә ашмас бу идеяне яңадан кузгатучы фанатиклар бар. Тәгәрмәчнең кырыйларына кайтарылып төшә торган таяклар беркетелгән, аларның очларында йөкләр бар. Тәгәрмәчнең теләсә нинди торышында уң яктагы шарлар тәгәрмәчнең үзәгеннән сул яктагыларга караганда ераграк торалар; димәк, тәгәрмәчнең уң ягы түбән таба басып, сул ягын югары күтәрергә һәм тәгәрмәчне әйләндерергә тиеш. Шулай булгач, тәгәрмәч мәңге әйләнеп торырга,— иң кимендә, күчәре ашалып беткәнче әйләнүдән тукталмаска тиеш. Уйлап табучы әнә шулай фикер йөрткән. Хәлбуки мондый двигательне ясасаң, ул әйләнмәячәк. Уйлап табучының исәбе нилектән барып чыкмый соң?



49 нчы рәсем. Урта гасырларда тәкъдим ителгән мәңге әйләнергә тиешле тәгәрмәч.

Эш менә нәрсәдә: уң яктагы шарлар һәрвакыт үзәктән ераграк торсалар да, аларның саны сул яктагы шарлар санынннан әлбәттә кимрәк. 49 нчы рәсемгә карагыз: уң якта 4 кенә, ә сул якта 8 шар. Шуңа күрә бөтен система тигезләшә; шулай булгач, билгеле инде, тәгәрмәч әйләнми, берничә тапкыр чайкала да туктап кала[1].

[1] Биредә моментлар теоремасын кулланырга кирәк.

Үзеннән-үзе һич туктаусыз хәрәкәт итүче һәм, шуның белән бергә, нинди булса да эш башкаручы механизм ясау һич мөмкин түгеллеге хәзер какшамаслык рәвештә исбат ителде. Бу мәсьәлә өстендә баш ватуның һичбер файдасы юк. Элекке вакытта, бигрәк тә урта гасырларда, аны чишеп маташучы һәм „мәңгелек двигатель“ (латинча әйткәндә — „perpetuum mobile“)[1] ясарга тырышып бик күп вакыт һәм хезмәт әрәм итүче кешеләр булган. Мондый двигатель ясау хәтта арзанлы металлардан алтын ясау осталыгына караганда да артыграк кызыктырган.

Пушкинның „Рыцарьлар заманыннан күренешләр“ исемле әсәрендә Бертольд дигән кеше болай хыялланган.

„— Нәрсә соң ул perpetuum mobile? — дип сорады Мартын.

— Perpetuum mobile — дип җавап бирде Бертольд, — мәңгелек хәрәкәт ул. Әгәр мәңгелек хәрәкәтне таба алсам, кешеләр иҗадының иге дә-чиге дә юк дип беләм мин... Беләсеңме нәрсә, сөекле Мартын! Алтын ясау — кызыктырырлык мәсьәлә, аны ачу, бәлки, — мавыктыргыч һәм файдалы эштер, әмма perpetuum mobile уйлап табу... О!“

50 нче рәсем. Тәгәрәп йөрүче шарлары булган уйланма мәңгелек двигатель.

Йөзләгән „мәңгелек двигатель“ уйлап чыгарырга маташканнар, ләкин аларның берсе дә хәрәкәт итмәгән. Һәрбер очракта, югарыда сөйләнгән проекттагы кебек үк, уйлап табучы кеше нинди булса да бер шартны искә алмаган, һәм шуның аркасында бөтен план җимерелгән.

Менә тагын бер уйланма мәңгелек двигатель мисалы: эчтә тәгәрәп йөри торган авыр шарлар куелган тәгәрмәч (50 нче рәсем). Тәгәрмәчнең бер ягындагы шарлар, үзәктән һәрвакыт читтәрәк торган-

---

[1] „Перпе́туум мо́биле“ дип әйтелә.

лыктан, үзләренең авырлыклары белән басып тәгәрмәчне әйләндерерләр,— дип хыялланган уйлап табучы.

Билгеле инде, 49 нчы рәсемдә күрсәтелгән тәгәрмәч нилектән әйләнмәсә, бу тәгәрмәч тә шул сәбәптән әйләнмәячәк. Шулай булуга да карамастан, Американың бер шәһәрендә кафега халыкның дикъкатен юнәлдерү өчен, реклама ясау теләге белән (ә Америкада төрле рекламалар белән артык дәрәҗәдә мавыгалар) әнә шундый зур тәгәрмәч корып куйганнар. Билгеле, бу „мәңгелек двигательне“ бик оста яшереп куелган башка бер механизм ярдәмендә әйләндергәннәр, ә тыштан карауча халыкка ул тәгәрмәчне аның улакларында тәгәрәп йөрүче авыр шарлар әйләндергән кебек күренгән. Шундый механизмның моделе, кызыклы физик башваткыч буларак, Ленинградның „Кызыклы фән павильонында“ да күрсәтелгән иде. Шуның кебек башка төрле уйланма мәңгелек двигательләр, халыкның дикъкатен үзенә карату өчен, бервакыт сәгать магазиннары витриналарына да куелды; алар барысы да, сиздермичә генә, электр тогы белән хәрәкәткә китереләләр иде.

Реклама өчен куелган бер „мәңгелек двигатель“ бервакыт миңа да зур мәшәкать тудырды. Минем шәкертләрем — эшчеләр аны күреп шулкадәр гаҗәпкә калганнар һәм мәңгелек двигательнең булуы мөмкин түгел икәнен исбат итүләремә колак та салмадылар. Тәгәрәп йөрүче шарларның тәгәрмәчне әйләндерүләре һәм шул ук тәгәрмәч белән үзләренең дә күтәрелүләре күренешенә алар мин китергән дәлилләргә караганда күбрәк ышандылар. Уйланма мәңгелек механизмның шәһәр электр тогы белән хәрәкәтләнүенә аларның ышанасы килмәде. Ул вакытларда ял көнне ток бирелмәве миңа ярдәм итте. Мин моны белгәч, укучыларыма витринаны ял көнне барып карарга киңәш бирдем. Алар минем киңәшемне тоттылар.

— Я, двигательне күрдегезме? — дип сорадым мин.

— Юк,— диделәр алар оялып кына.— Ул күренми: газет белән каплап куйганнар...

Энергия саклану законы яңадан ышаныч яулап алды һәм аны кабат югалтмады.

## „Тоткарлык“

Күп нәрсә вәгъдә итә торган „мәңгелек двигатель“ турындагы мәсьәләне чишү өчен көч куйган өйрәнчек-уйлап табучылар аз булмаган. Аларның берсе — себер крестьяны Александр Щеглов турында М. Е. Щедрин үзенең „Хәзерге заман идиллиясе“ исемле озын хикәясендә „Мещанин Презентов“ дигән исем биреп яза. Уйлап табучының мастерскоен барып каравын Щедрин түбәндәгечә тасвирлый:

„Мещанин Презентов утыз биш яшьләрдәге, ак чырайлы, арык, уйчан зур күзле, муенына кадәр салынып төшкән озын чәчле бер кеше иде. Өе шактый зур булса да, аның яртысын зур маховик тәгәрмәч алып торганлыктан, без анда көчкә генә сыя алдык. Тәгәрмәчнең кигиләре бар, ул үзе аркылы күренеп тора иде. Аның тугымы ышкыланган такталардан, эче куыш тартмасыман итеп ясалган һәм шактый зур күләмле. Уйлап табучының серле механизмы әнә шул куышлыкка урнаштырылган. Бу сер, әлбәттә, ул кадәр хикмәтле түгел инде, ком тутырылган капчыклар кебек нәрсә генә, аларның бер яктагылары икенче яктагыларын тигезләштерергә тиешләр икән. Кигиләрнең берсенә таяк тыгып куелган, ул таяк тәгәрмәчне әйләндермичә туктатып тора иде.

— Без Сезне мәңгелек хәрәкәт законын тормышка ашыргансыз дип ишеттек?—дип башладым мин сүземне.

— Ни дип әйтергә белмим,— диде ул уңайсызланып, —шулай булырга тиеш тә...

— Карарга мөмкинме соң?

— Зинһар рәхим итегез! Мин үземне бәхетле дип...

Ул безне тәгәрмәч янына китерде һәм аның тирәли әйләндереп чыгарды. Ул арттан карасаң да, алдан карасаң да тәгәрмәч иде.

— Әйләнәме?

— Әйләнергә тиеш иде дә. Бераз киреләнә шикелле...

— Терәвен алырга мөмкинме?

Презентов таякны тартып чыгарды, — ә тәгәрмәч кузгалып та карамады.

— Киреләнә,— диде ул кабатлап,— импет бирергә кирәк.

Ул ике кулы белән тәгәрмәчнең тугымын тотты да, аны берничә тапкыр әле югары, әле түбән таба

борып, бик зур көч белән чайкап җибәрде,— тәгәрмәч әйләнеп китте. Берничә тапкыр ул шактый тиз һәм тигез әйләнде,— шулай да, тугым эчендәге комлы капчыкларның арага корылган бүлгеләргә барып терәлүләре һәм алардан тагын түбән ишелүләре ишетелә иде; шуннан соң ул һаман акрыная барды; шарт иткән, шыгырдаган тавыш ишетелде, һәм, ниһаять, тәгәрмәч бөтенләй туктап калды.

— Тоткар бар, күрәсең,— диде, уйлап табучы кызарынып, һәм зур көч белән тәгәрмәчне тагын әйләндереп җибәрде.

Ләкин икенчесендә дә шул ук хәл булды.

— Сез бәлки ышкылуны исәпкә алмагансыздыр?

— Ышкылу да исәпкә алынган ие... Нәрсә ул ышкылу? Бу хәл ышкылудан түгел, ә болай гына... Кайчагында юатып та куя шикелле, ә аннары, кинәт... киреләнә, чыгымлый — туктала да кала. Тәгәрмәче шәп материалдан ясалган булса ие, ә бу нәрсә, кисәккосактан гына бит".

Билгеле инде, монда эш „тоткарда" да „яхшы материалда" да түгел, механизмның төп идеясе хата булуда. Уйлап табучы тәгәрмәчкә „импет" биргәч (этеп җибәргәч), ул бераз әйләнгән, ләкин читтән бирелгән энергия ышкылуга тотылып беткәч, ул, әлбәттә, туктарга тиеш булган.

## Уфимцев аккумуляторы

Әгәр „мәңгелек" хәрәкәт турында тышкы күренешкә карап кына хөкем итсәң, ялгышу бик ансат икәнен без Уфимцевның механик энергия аккумуляторы дип аталган механизмында күрәбез. Курск шәһәрендәге уйлап табучы А. Г. Уфимцев маховик тәгәрмәч тибында арзан „инерцион" аккумуляторлы яңа төр җил станциясе төзеде. 1920 елда Уфимцев үз аккумуляторының моделен ясады. Ул шарлы подшипникка утыртылган вертикаль күчәрдә әйләнүче дисктан гыйбарәт; диск үзе һавасы суыртылган тышча эченә урнаштырылган. Минутка 20 000 тапкыр тизлек белән әйләндереп җибәргәч, диск унбиш тәүлек әйләнеп торган! Ул дискның көннәр буена читтән энергия алмыйча әйләнеп торган валын күреп, өстән-өстән генә уйлаучы кеше мәңгелек двигатель реаль тормышка ашырылган дип уйларга мөмкин.

## „Могҗиза һәм могҗиза түгел“

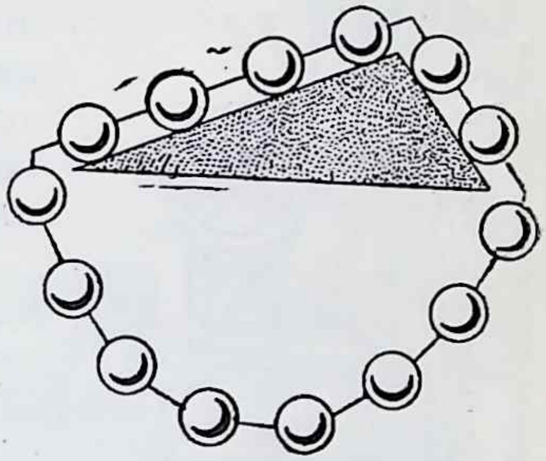
„Мәңгелек двигатель“ артыннан мәгънәсез куу күп кешене зур бәхетсезлеккә дә дучар иткән. „Мәңгелек двигатель“ ясау өчен үзенең барлык хезмәт хакын һәм саклап җыйган акчаларын тотып бетереп бөтенләй фәкыйрьлеккә калган бер эшчене беләидем. Ул үзенең тормышка ашмас идеясенең корбаны булды. Ул ярты ялангач, һәрвакыт ач хәлдә, үзенең „моделен эшләп бетерү“ өчен һәркемнән ярдәм сорый һәм, әгәр эшләп бетерсә, ул „әлбәттә хәрәкәт итәчәк“, ди иде. Бу кешенең элементар физика нигезләрен белмәве аркасында гына шундый бөлгенлеккә төшүен күрү күңелне әрнетә иде.

Шунсы кызык, „мәңгелек двигатель“ эзләүләр һәрвакыт нәтиҗәсез булып бетсәләр дә, аның мөмкин түгеллеген тирәнтен аңлау аркасында нәтиҗәле, файдалы ачышлар ясаучылар да булды.

XVI гасырның ахырында һәм XVII гасырның башында яшәгән голландияле күренекле галим Стевинның авыш яссылыкта көчләр тигезләнеш законын ачуы — югарыда әйтелгәннең ачык мисалы. Гомумән, бу математикның өлешенә тигәннән зуррак дан казанырга хакы бар, чөнки ул хәзер һәрвакыт файдаланыла торган бик мөһим ачышлар ясады: унарлы вакланмаларны уйлап чыгарды, алгебрада күрсәткечләр куллануны кертте, гидростатик законны ачты (бу законны соңрак Паскаль яңадан ачкан). Авыш яссылыкта көчләрнең тигезләнеш законын ул, көчләрнең параллелограмм кагыйдәсенә таянып түгел, бары тик сызым ярдәмендә генә ачкан; түбәндә (51 нче рәсем) шул сызым китерелә. Өч кырлы призма аша, һәммәсе бертигез 14 шардан гыйбарәт чылбыр уздырылган. Бу чылбыр нишләргә тиеш? Аның аска салынып торган өлеше үзеннән-үзе тигезләнеш хәлендә торырга тиеш. Чылбырның югарыгы ике өлеше бер-беренә тигезләшәме соң? Икенче төрле әйткәндә— уң яктагы ике шар сул яктагы дүрт шар белән тигезләшәме? Әлбәттә, тигезләшә,— шулай булмаганда, чылбыр уннан сулга таба мәңге әйләнеп торыр, чөнки түбән шуып төшеп киткән шарлар урынына башкалары килеп торыр һәм тигезләнеш бервакытта да булмас иде. Ләкин югарыда әйтелгәнчә, өч кырлы призмага урнаштырылган чылбыр үзеннән-үзе һичбер әйләнми,

шулай булгач, билгеле инде, беренче ике шар сул яктагы дүрт шар белән тигезләшкән хәлдә була. Могҗиза кебегрәк нәрсә килеп чыга: ике шар дүрт шар кадәр көч белән тарта.

Менә шул уйланма могҗизадан Стевин механиканың бик мөһим законын китереп чыгарган. Ул болай фикер йөрткән. Чылбырның кыска һәм озын яклары төрле авырлыкта: призманың озын кыры кыскасыннан ничә тапкыр зуррак булса, уң чылбыр икенчесеннән шулкадәр тапкыр авыррак. Моннан шундый нәтиҗә чыга: бау белән бер-беренә бәйләнеп авыш яссылыклар өстенә куелган ике йөкнең авырлыклары ул яссылыкларның озынлыкларына пропорциональ булса, йөкләр тигезләнеш хәлендә торалар.



51 нче рәсем. „Могҗиза һәм могҗиза түгел".

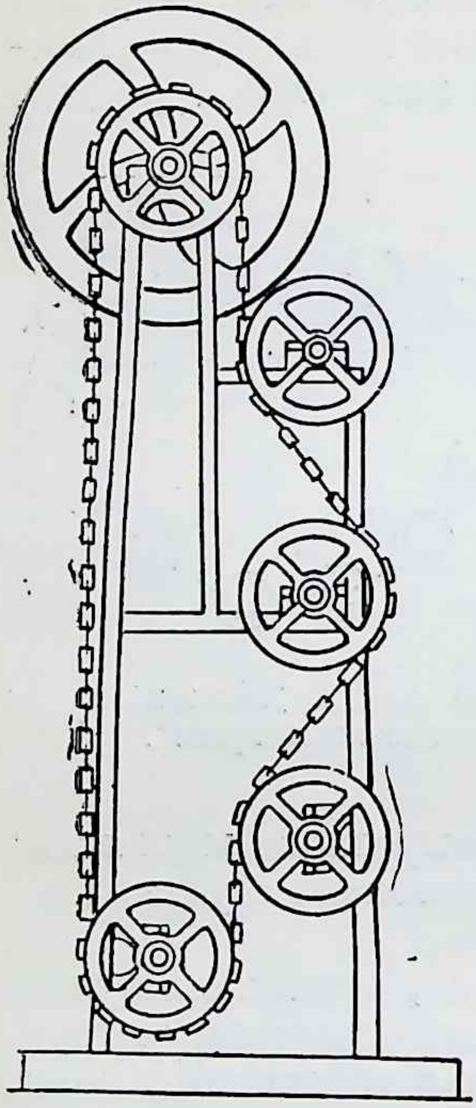
Әгәр кыска яссылык авыш түгел, вертикаль булса, без механиканың мәгълүм законын китереп чыгарабыз: әйберне авыш яссылык өстендә тотып тору өчен, яссылык озынлыгы үз биеклегеннән ничә тапкыр зур булса, әйбернең авырлыгына караганда шулкадәр тапкыр кечкенәрәк көчне авыш яссылык юнәлешендә куярга кирәк.

Шулай итеп, мәңгелек двигатель ясау мөмкин түгеллеге фикереннән чыгып, механиканың мөһим законы ачыла.

## Тагын „мәңгелек двигательләр"

52 нче рәсемдә сез тәгәрмәчләр аша уздырылган озын чылбыр күрәсез. теләсә нинди торышта булганда да аның уң як яртысы сул ягына караганда озынрак булырга тиеш. Шулай булгач,— дип уйлаган бу механизмны уйлап чыгаручы,— чылбырның уң ягы һәрвакыт түбәнгә төшәргә һәм бөтен механизмны хәрәкәткә китерергә тиеш. Шулай булырмы соң?

Әлбәттә юк. Авыр чылбыр белән җиңел чылбырның тәэсир итү почмаклары төрлечә булганда аларның бер-



52 нче рәсем. Бу двигатель мәңгелекме?

берсе белән тигезләшүләрен без югарыда күрдек. Бу механизмда сул як чылбыр вертикаль асылынган, ә уң як чылбыр авыш юнәлештә тора, шуңа күрә, ул авыррак булса да, сул якны тарта алмый. Биредә күтелгән „мәңгелек" хәрәкәтнең булуы мөмкин түгел.

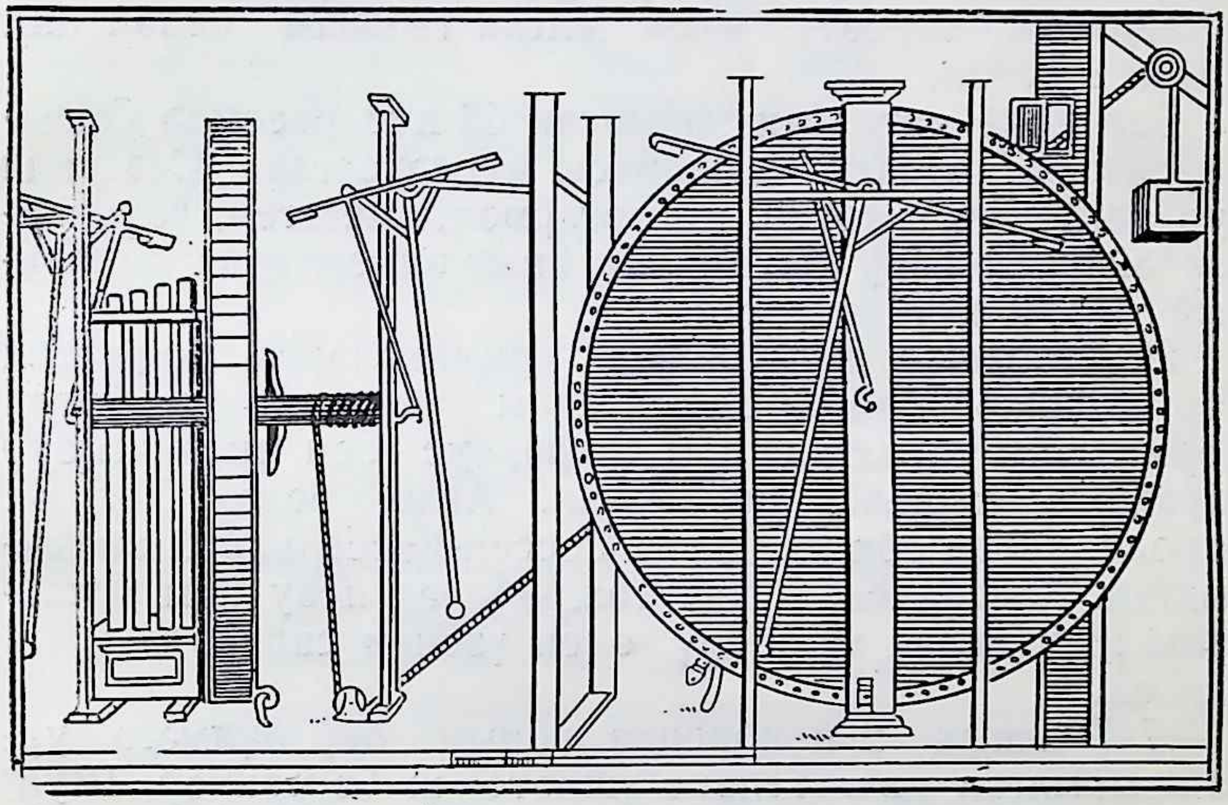
„Мәңгелек" двигатель уйлап чыгаручыларның иң осталарыннан берсе үзенең механизмын 1860 елларда Париж күргәзмәсенә куйган. Ул двигатель эчендә шарлары тәгәрәп йөри торган зур тәгәрмәчтән гыйбарәт булган. Аның уйлап чыгаручысы, бу тәгәрмәчне берәү дә туктата алмас, дип ышандырырга тырышкан. Тамашачылар бере артыннан бере аны туктатырга тырышканнар, ләкин алар кулларын алгач та тәгәрмәч тагын әйләнә башлаган. Ул кешеләрнең механизмны туктатырга тырышулары аркасында гына тәгәрмәчнең әйләнүен шунда һичкем сизмәгән; алар аны артка таба эткәндә оста яшерелгән механизмның пружинасын борганнар икән...

## Петр I заманындагы „мәңгелек двигатель"

1715—1722 елларда Петр I нең Германиядәге доктор Орфиреус дигән кеше уйлап чыгарган мәңгелек двигательне сатып алу турында язышкан хатлары сакланган. „Үзеннән-үзе хәрәкәт итүче тәгәрмәче" белән бөтен Германиядә дан казанган бу уйлап чыгаручы үз машинасын патшага гаять кыйммәт бәягә генә сатарга риза булган. Петр тарафыннан Көнбатышка сирәк очрый торган әйберләр җыярга җибәрелгән галим китапханәче Шумахер әлеге машинаны сатып алу

турында Орфиреус белән сөйләшкән. Орфиреусның күпме соравы турында Шумахер түбәндәгечә хәбәр иткән.

„Уйлап чыгаручының соңгы сүзе болай: бер якка 100 000 ефимка[1] салыгыз, икенче якка мин машинамны куярмын“.



53 нче рәсем. Орфиреусның үзеннән-үзе әйләнә торган тәгәрмәче. Аны Петр I чак кына сатып алмаган. (Күптәнге рәсемнән алынды.)

Китапханәченең сүзенә караганда, уйлап чыгаручы үзенең машинасы турында: „ул яхшы, аны бер кем дә начар дип әйтә алмас, явыз уйлы кешеләр генә бәлки яманларлар, ә андый кешеләр белән дөнья тулган, аларга һичбер ышанырга ярамый“,— дигән.

1725 елның гыйнвар аенда Петр I, даны таралган „мәңгелек двигательне“ үз күзе белән күрү өчен Германиягә барырга җыенган,— ләкин патшаның үлеп китүе бу ниятен тормышка ашырырга мөмкинлек бирмәгән.

Кем булган соң ул серле доктор Орфиреус һәм аның Петр I чак сатып алмый калган „данлыклы машинасы“ нәрсәдән гыйбарәт булган икән? Мин боларның һәр икесе турында да тикшереп белдем. Орфи-

[1] Ефимка (Joachimsthaler) — бер сум чамасы.

реусның чын фамилиясе Беслер икән. Ул 1680 елда Германиядә туган. Дин белемен, медицинаны, рәсем ясауны өйрәнгән һәм, ниһаять, „мәңгелек двигатель“ уйлап табу белән шөгыльләнә башлаган. Күп меңнәрчә шундый уйлап табучылардан Орфиреус-Беслер — иң данлыклысы, һәм иң бәхетлесе дияргә ярый, чөнки ул үзенең соңгы көненә кадәр (ул 1745 елда үлгән) шул машинасын күрсәтү өчен алган табышы белән бик иркен яшәгән.

Бер иске китаптан алынган 53 нче рәсемдә Орфиреусның 1714 елгы машинасы күрсәтелгән. Сез анда зур тәгәрмәч күрәсез, ул тәгәрмәч, имештер, үзеннән-үзе әйләнеп тору гына түгел, авыр әйберләрне дә шактый югары күтәрә алган.

Галим докторның башта ярминкәләрдә күрсәтеп йөргән гаҗәп машинасының даны бик тиз арада бөтен Германиягә таралган һәм Орфиреус үзен яклаучы зур дәрәҗәле кешеләр дә тапкан. Аның белән Польша короле, аннан соң ландграф Гессен-Кассельский кызыксынган. Кассельский аңа тәҗрибәләр ясау һәм машинаны җентекләп тикшерү өчен үзенең сараенда урын биргән.

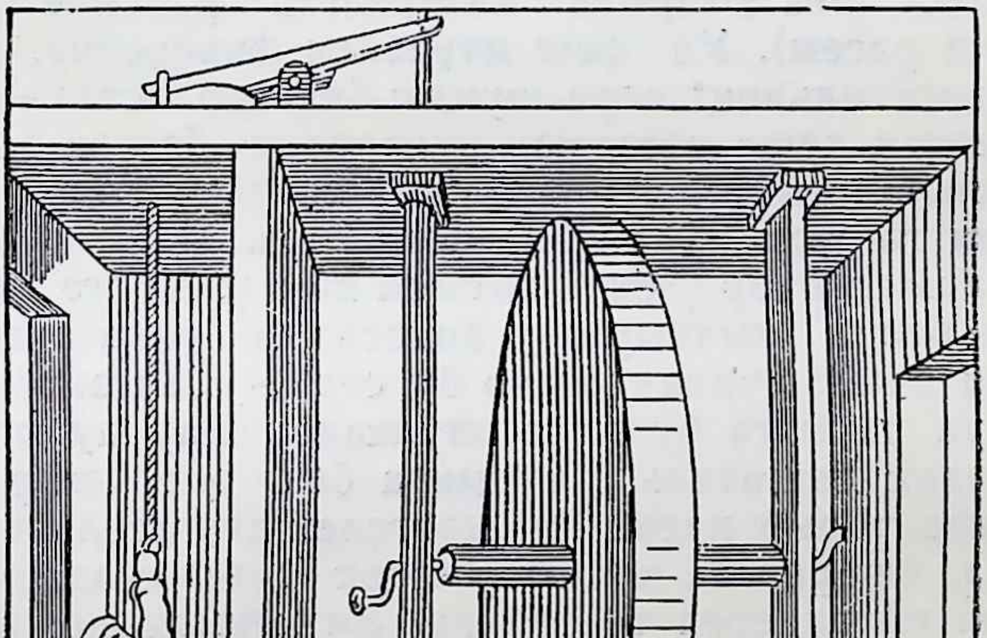
1717 елның 12 ноябрендә аерым бер бүлмәгә урнаштырылган двигательне эшләтеп җибәргәннәр. Шуннан соң ул бүлмәне йозак белән бикләп пичәтләгәннәр һәм аны саклау өчен ике гренадер куйганнар. Серле тәгәрмәч әйләнеп торган бүлмәгә ундүрт көн буена һичкемне якын да җибәрмәгәннәр. 26 ноябрьда гына пичәтне алганнар; ландграф якын кешеләре белән бүлмәгә кергән. Ни күрсеннәр,— тәгәрмәч һаман „шулай кимемәс тизлек белән әйләнеп торган...“ Машинаны туктатканнар да җентекләп тикшереп караганнар һәм тагын әйләндереп җибәргәннәр. Кырык көн буена бүлмәне тагын бикләп, пичәтләп тотканнар; гренадерлар бүлмәнең ишеген кырык көн каравыллап торганнар. 1718 елның 4 гыйнварында ишектәге пичәтне алып, эксперт комиссиясе бүлмәгә кергән һәм машинаны һаман әйләнеп торган килеш тапкан.

Ландграф моның белән дә канәгатьләнмәгән: өченче тапкыр сынау ясаган,— мәңгелек двигатель бүлмәсен ике ай буена пичәтләп тотканнар. Ике айдан соң да машинаны һаман шулай әйләнеп торган килеш күргәннәр.

Моны күреп исе киткән ландграф „мәңгелек двигательнең“ минутка 50 әйләнеш ясавы, 16 *кг* йөкне 1,5 метр биеклеккә күтәрә алуы, шулай ук тимерче күрүген һәм кыру станогын эшләттерә алуы турында Орфиреуска таныклык язып биргән. Шул таныклык белән Орфиреус үзенең машинасын бөтен Европада күрсәтеп йөргән. Ул аңардан бик яхшы табыш иткән булса кирәк, шулай булмаса ул үзенең машинасына Петр I дән 100 000 сум сорамас иде.

Доктор Орфиреусның гаҗәеп машинасы турындагы хәбәр бик тиз арада Германиядән читкә чыгып бөтен Европага таралган. Ул хәбәр Петргә да барып җиткән, һәм һәртөрле техник яңалыклар, „хәйләле махиналар“ яраткан патша аның белән дә бик нык кызыксынган.

Петр чит илдә булган вакытында, 1715 елда ук Орфиреусның тәгәрмәченә игътибар иткән һәм шул вакытта ук күренекле дипломат А. И. Остерманга



54 нче рәсем. Орфиреус тәгәрмәченең серен фаш итү (күптәнге рәсемнән алынды).

Орфиреусның машинасы белән якыннан танышырга кушкан, ул дипломат машинаны үзе күрмәсә дә, аның турында Петрга тулы доклад язып җибәргән. Хәтта Петр Орфиреусны, бик зур уйлап табучы дип белеп, үзенә хезмәткә чакырырга да исәп тоткан һәм бу турыда ул заманның күренекле философы Христиан Вольфның (Ломоносовның укытучысы) фикерен сорарга кушкан.

Данлыклы уйлап табучыга һәр яктан мактаулы тәкъдимнәр явып торган. Дөньяның бөек кешеләреннән ул әллә никадәр яхшылыклар күргән; шагыйрьләр аның искиткеч тәгәрмәченә багышлап одалар һәм гимннар чыгарганнар. Ләкин аның дошманнары да, анда бик оста алдау булырга тиеш дип шикләнүчеләр дә булган. Орфиреусны алдаштыра дип ачыктан-ачык гаепләүчеләр дә табылган; аның алдавын фаш иткән кешегә 1000 марка күләмендә бүләк бирергә дә тәкъдим иткәннәр. Фаш итү теләге белән язылган памфлетларның берсендә без югарыда китерелгән рәсемне күрәбез (54 нче рәсем). Ул фаш итүченең фикеренчә, „мәңгелек двигательнең“ сере шунда: бик зур осталык белән яшеренгән кеше тәгәрмәч күчәренең багана эчендәге өлешенә уралган һәм кешеләргә күренми торган бауны тартып тәгәрмәчне әйләндереп тора.

Галим доктор үзенең хатыны һәм үзендәге хезмәтче хатын белән кычкырышу аркасында гына аның оста ялганы ачыла, чөнки алар бу серне белгән булалар. Әгәр ул вакыйга булмаса, шулкадәр шау-шу кубарган „мәңгелек двигатель“ турында без әле хәзер дә аптыраштa торыр идек. Ул „мәңгелек двигательне“, чыннан да, яшеренгән кешеләр нәзек бауны сиздерми генә тартып әйләндереп торганнар. Ул кешеләрнең берсе— Орфиреусның энесе, икенчесе хезмәтче хатын булган.

Фаш ителгәннән соң да әле Орфиреус бирелмәгән; ул үлгән көненә кадәр һаман, хатыны һәм хезмәтче хатын ачудан гына минем өстән күрсәттеләр, дип торган. Ләкин аңа ышаныч инде какшаган булган. Петрның вәкиле Шумахерга ул, явыз уйлы кешеләр турында: „явыз кешеләр белән бөтен дөнья тулган, аларга һичбер ышанырга ярамый“,— дип юкка гына сөйләмәгән шул.

Петр I заманында Германиядә Гертнер дигән кешенең „мәңгелек двигателе“дә дан казанган. Шумахер

ул машина турында болай язган: „Мин Дрезденда күргән Гертнер әфәнденең „perpetuum mobile“се эченә ком сибелгән киндердән һәм пычак кайрый торган чарсыман итеп ясалган машинадан гыйбарәт, ул үзеннән-үзе алга да, артка да йөреп тора. Ләкин инвенторның (уйлап чыгаручының) сүзенә караганда, аны артык зур итеп ясап булмый икән“. Бу двигатель дә, һичшиксез, максатына ирешә алмаган һәм бик шәп дигән сурәттә дә ул хәйләле механизм гына, һичбер „мәңгелек“ түгел, оста яшеренгән җанлы двигатель генә булган. Петрга җибәргән хатында Шумахер түбәндәгеләрне язган: „француз һәм инглиз галимнәре“ ул перепетуиләрне һәм мобилесләрне санга да сукмыйлар һәм алар математик принципийләргә каршы киләләр, дип әйтәләр“. Һәм Шумахер бик хаклы булган[1].

---

[1] „Мәңгелек“ двигательләр тарихы белән В. А. Кирпичевның „Механика турында әңгәмәләр“ (1933 ел) исемле китабында танышырга мөмкин. Бу бик шәп китап, физика һәм механика белән кызыксынган һәрбер кеше, әгәр математиканы белсә, аны укырга тиеш.

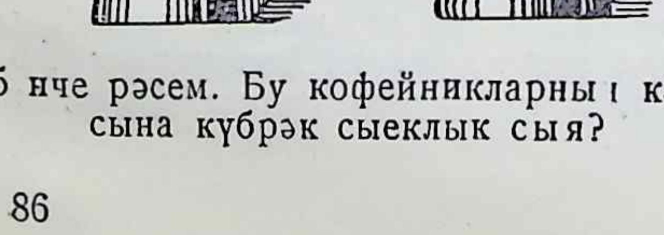
БИШЕНЧЕ БҮЛЕК

## СЫЕКЛЫКЛАРНЫҢ ҺӘМ ГАЗЛАРНЫҢ ҮЗЛЕКЛӘРЕ.

### Ике кофейник турында мәсьәлә

Сезнең каршыда (55 нче рәсем) бер үк киңлектәге ике кофейник: берсе — озын, икенчесе — кыска. Аларның кайсына күбрәк кофе сыя?

Күп кешенең, уйлап тормый гына, биегрәк кофейникка күбрәк керә дип әйтүе мөмкин. Ләкин сез, биек кофейникка сыеклык салып карасагыз, аның борыны биеклегенә кадәр генә сала алыр идегез, аннан арткан су агып чыгар иде. Кофейникларның борыннары икесенең дә бертигез биеклектә булганлыктан, кыска кофейникка да озын кофейникка кергән кадәр сыеклык салып була.



55 нче рәсем. Бу кофейникларның кайсына күбрәк сыеклык сыя?

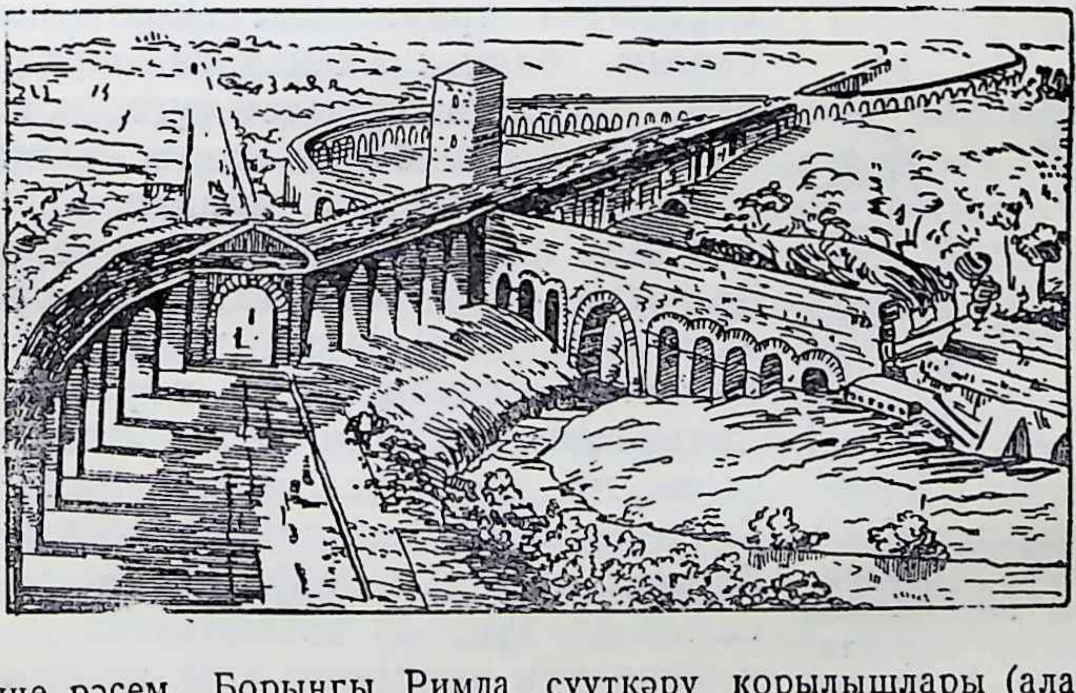
56 нчы рәсем.

Бу аңлашыла да. Һәрбер тоташ савытлардагы кебек үк, кофейникта һәм аның борыны көпшәсендә сыеклык, борындагы сыеклык кофейниктагыдан күп тапкыр җиңелрәк булуга да карамастан, бертигез биеклектә торырга тиеш. Әгәр борыны җитәрлек кадәр биек булмаса, сез кофейникның капкачына кадәр су сала алмыйсыз: су агып чыгачак (56 нчы рәсем). Гадәттә кофейникның борыны капкачыннан биегрәк итеп эшләнә; алай иткәндә, кофейникны бераз янтайтканда да сыеклык акмый.

## Борынгылар нәрсәне белмәгәннәр

Рим халкы борынгы заманда ясалган сууткәрү көпшәләренең калдыклары белән хәзерге көндә дә файдаланып килә: Рим коллары аларны әнә шулай яхшы итеп ясаганнар.

Бу эшләргә җитәкчелек иткән Рим инженерларының белемнәре турында алай дип әйтеп булмый: аларның физика нигезләре белән җитәрлек кадәр таныш булмаулары күзгә ташланып тора. Борынгы картинадан алынган 57 нче рәсемгә карагыз. Рим сууткәргеченең җир астына түгел, җирдән югары, биек таш баганалар өстенә салынганын күрәсез. Ни өчен алай ясаганнар? Хәзерге вакыттагы кебек, көпшәләрне җир астына салсалар ансатрак булмас идемени? Әлбәттә



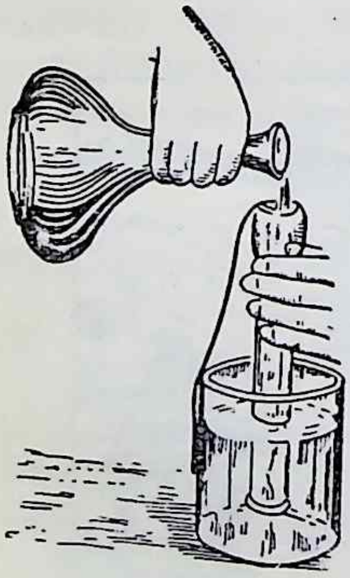
57 нче рәсем. Борынгы Римда сууткәрү корылышлары (аларның башта корылган вакыттагы күренеше).

ансатрак булыр иде, — ләкин ул заманның Рим инженерлары тоташ савытлар законын бик томанлы гына итеп күз алдына китергәннәр. Бер-беренә бик озын көпшә белән тоташтырылган сулыкларда су бертигез биеклектә була алмас дип курыкканнар алар. Әгәр суүткәрү көпшәләре җир өстенең авышлыгына яраштырып җир астына салынсалар, кайбер урыннарда су үргә таба агарга тиеш бит, — шуңа күрә дә римлылар су югарыга күтәрелмәс дип курыкканнар. Алар суүткәрү көпшәләрен әкренләп түбәнәйтә барып сузганнар (моның өчен исә елгаларны әйләнеп узарга яки биек-биек терәү баганалар корырга туры килгәләгән). Рим суүткәрү көпшәләренең берсе — Аква Марциа 100 *км* га сузыла, ә турыдан уздырылса, ул ике тапкыр кыскарак булыр иде.

Физиканың элементар законын белмәү аркасында илле километр җиргә таш баганалар утыртырга туры килгән!

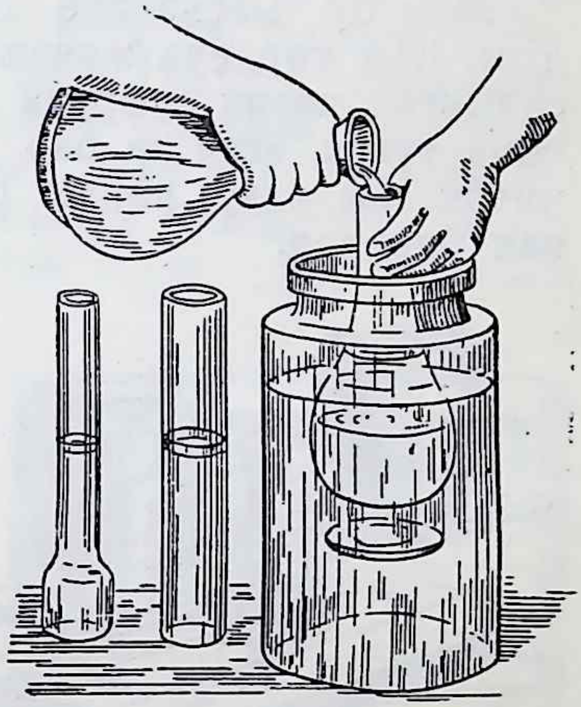
## Сыеклыклар... югарыга таба басым ясыйлар

Сыеклыкның түбән таба — савытның төбенә һәм ян якларга — савыт стеналарына басым ясавын физиканы һичбер өйрәнмәгән кешеләр дә белә. Ә аларның югарыга таба басым ясауларын күп кеше уена да китерми. Гади лампа пыяласы сыеклыкның өскә таба да басымы булуына ышанырга ярдәм итә. Лампа пыяласының башын капларга җитәрлек итеп тыгыз катыргыдан түгәрәк кисеп алыгыз. Аның белән лампа пыяласының түбән башын каплап, 58 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә, су эченә батырыгыз. Түгәрәк катыргы төшеп китмәсен өчен, аның уртасына беркетелгән җептән тотып торырга яки катыргыны бармак белән тотып батырырга мөмкин. Лампа пыяласын билгеле бер тирәнлеккә батыргач, бармак яки җеп белән тотып тормасагыз да түгәрәк катыргының төшеп китмәгәнен күрерсез: аны астан өскә таба су этеп тора.



58 нче рәсем. Сыеклыкның түбәннән югары таба басымы барлыгын күрсәтә торган гади тәҗрибә.

Сез ул югары таба басымның зурлыгын да үлчи аласыз. Пыяла эченә әкрен генә су салыгыз: аның эчендәге суның биеклеге савыттагы су биеклеге белән тигезләнә башлагач та түгәрәк катыргы төшеп китәр. Димәк, суның түбән яктан түгәрәк катыргыга басымы лампа пыяласы эченә салынган су баганасының басымына тигез була, ә ул су баганасының биеклеге түгәрәк катыргы батып торган тирәнлеккә тигез. Сыеклыкка батырылган һәрбер әйбергә ул сыеклыкның басым законы әнә шундый. Сүз арасында әйткәндә, данлыклы Архимед законы буенча сыеклыкка батырылган әйбернең авырлыгы „кимүнең“ сәбәбе дә әнә шул.



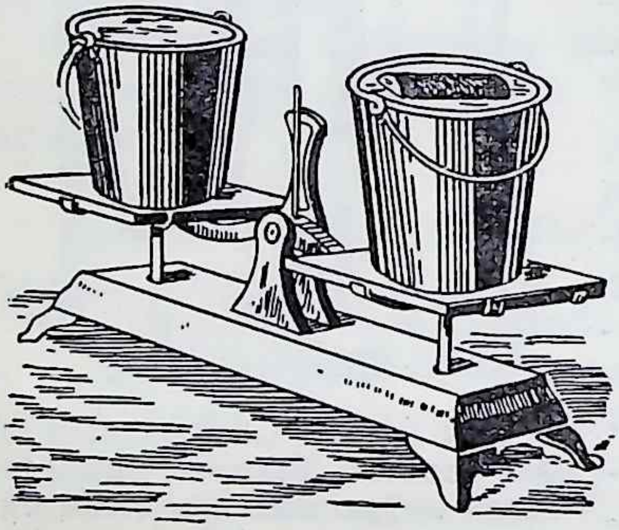
59 нчы рәсем. Сыеклыкның савыт төбенә басымы аның төбенең мәйданына һәм аның биеклегенә генә бәйләнгән. Рәсемдә шул кагыйдәне тикшерү тәҗрибәсе күрсәтелгән.

Формалары төрле-төрле, ләкин авызлары барысының да бер тигез лампа пыялалары булса, сез сыеклыкларга караган тагын бер законны тикшерә аласыз: сыеклыкның савыт төбенә басымы аның төбенең зурлыгына һәм сыеклыкның биеклегенә генә бәйләнгән, ә савытның формасына һичбер бәйләнмәгән. Бу кагыйдәне түбәндәгечә тикшерәләр: югарыда сөйләнгән тәҗрибәне төрле формадагы лампа пыялаларын бертигез тирәнлеккә батырып ясап карыйлар (моның өчен тәҗрибә алдыннан аларның барысына да бертигез биеклектә итеп кәгазь тасмалар ябыштырырга кирәк). Аларның барысында да пыяла эчендәге су бер биеклеккә житкәч, түгәрәк катыргының батып киткәнен күрерсез (59 нчы рәсем). Димәк, биеклекләре һәм төпләре тигез булса, төрле формадагы су баганаларының басымнары бертигез дигән сүз. Шуңа дикъкать итегез, биредә озынлык түгел, биеклек мөһим, чөнки озын, ләкин авыш тора торган баганаың төпкә басымы шул ук биеклектәге, ләкин туры торган багана басымы белән бертигез (әгәр төпләренең мәйданы тигез булса).

## Кайсы авыррак?

Мөлдерәмә итеп су тутырылган чиләкне үлчәүнең бер тәлинкәсенә куйганнар. Икенче тәлинкәгә шундый ук чиләк куелган; аның да кырыена кадәр су тутырылган, ләкин анда агач кисәге йөзеп йөри (60 нчы рәсем). Боларның кайсы күбрәк тарта?

Мин бу мәсьәләне төрле кешеләргә биреп карадым, һәм төрлечә җаваплар алдым. Кайсылары — агач салынган чиләк авыррак булырга тиеш, чөнки анда су гына түгел, агач та бар диләр. Кайберләре — беренче чиләк авыррак, „чөнки су агачтан авыррак" дип җавап бирәләр.



60 нчы рәсем. Ике чиләк тә бертигез һәм аларга мөлдерәмә итеп су тутырылган; берсендә агач кисәге йөзеп йөри. Кайсысы авыррак?

Боларның икесе дә дөрес түгел: ике чиләкнең дә авырлыклары бертигез. Дөрес, икенче чиләктә су беренчедәгегә караганда азрак, чөнки андагы агач кисәге берникадәр суны кысып чыгара. Ләкин йөзү законы буенча, сыеклыкта йөзеп йөри торган һәрбер әйбер үзенең сыеклыкка кереп торган өлеше белән нәкъ үз авырлыгы кадәр сыеклыкны кысып чыгара. Шуңа күрә дә үлчәү тигезләнеш хәлендә торырга тиеш.

Хәзер икенче мәсьәләне чишегез. Үлчәүнең бер тәлинкәсенә сулы стакан бастырам һәм аның янына бер гер дә куям. Икенче тәлинкәгә герләр салып, үлчәүне тигезләгәч, стакан янындагы герне суга төшереп җибәрәм. Үлчәү нишләр?

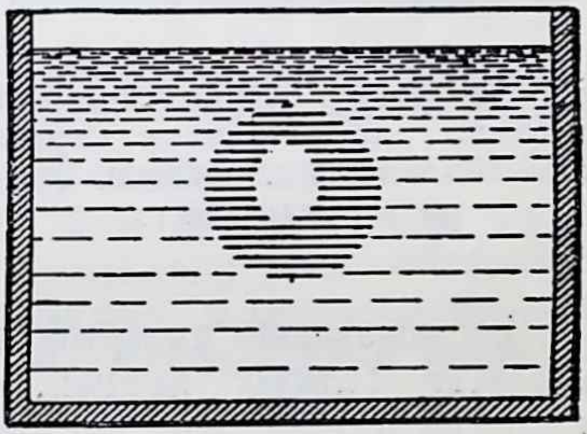
Архимед законы буенча, гер суда җиңелрәк булып китә. Шулай булгач, үлчәүнең стакан куелган тәлинкәсе югары күтәрелер дип уйларга мөмкин иде. Хәлбуки, үлчәү тигезләнгән хәлдә кала. Моны ничек аңлатырга кирәк?

Гер стакандагы суның бер кадәресен кысрыклый,

су өскәрәк күтәрелә; шуның аркасында суның савыт төбенә басымы арта, нәтиҗәдә гернең авырлыгы күпме кимегән булса, суның басым көче шулкадәр арта.

## Сыеклыкның табигый формасы.

Без сыеклыкларның үз формалары юк дип уйларга гадәтләнгәнбез. Бу дөрес түгел. Һәрбер сыеклыкның табигый формасы — шар. Гадәттә сыеклыкка үзенең шар формасында торырга авырлык көче уңайсызлый; әгәр сыеклык түгелсә, юка гына катлау булып җәелә, яки савытка салынган булса, шул савыт формасына керә. Әгәр сыеклык икенче бер сыеклык эчендә урнашса һәм аларның чагыштырма авырлыклары тигез булса, Архимед законы буенча ул сыеклык үзенең авырлыгын „югалта“, ул гүя бер грамм да тартмый, аңа авырлык көче тәэсир итмәгәндәй була. Шул вакыт сыеклык үзенең табигый шарсыман формасына керә (61 нче рәсем).



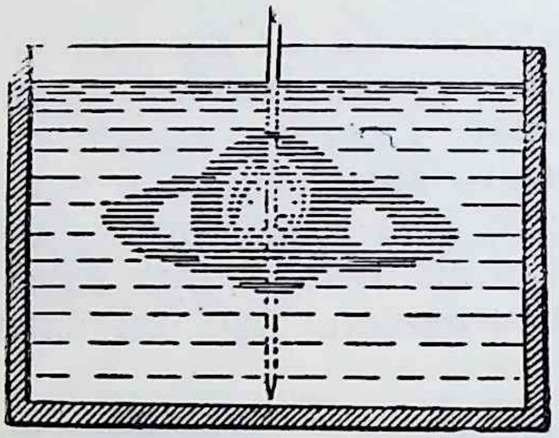
61нче рәсем. Су белән кушылган спирт эчендә май шар формасында тора, ул төпкә дә батмый, өскә дә калкып чыкмый (Плато тәҗрибәсе).

Прован мае суда өскә калка, спиртта төпкә бата. Су белән спиртны бергә кушып, аның эчендә май тамчысы өскә дә калыкмый, төпкә дә батмый торган катнашма ясарга мөмкин. Шул катнашма эченә шприц ярдәмендә бер тамчы май кертсәң, гаҗәп нәрсә күрергә мөмкин: май зур түгәрәк тамчы рәвешенә керә, ул аска да төшми, өскә дә калыкмый, уртада хәрәкәтсез тора[1].

Тәҗрибәне ашыкмыйча, саклык белән генә эшләргә кирәк, югыйсә, бер зур тамчы түгел, берничә вак

[1] Шар формасы бозылып, үзгәреп күренмәсен өчен, тәҗрибәне яссы стеналы савытта ясарга кирәк (башка төрле формадагы савыт белән ясасагыз, аны су тутырылган яссы стеналы савыт эченә урнаштырыгыз).

шарчыклар килеп чыгуы мөмкин. Ләкин алай булганда да тәҗрибә шактый кызыклы. Әмма эш моның белән генә бетми әле. Сыек май шарының үзәге аша озын агач таяк яки тимер чыбык уздырып, ул чыбыкны әйләндерәләр. Май шары да чыбык белән бергә әйләнә (әгәр катыргыдан ясалган кечкенә генә түгәрәккә май сылап күчәргә кертеп куйсаң һәм күчәрне шул түгәрәге белән май шары эченә урнаштырсаң, тәҗрибә тагын да яхшырак чыга). Әйләнү тәэсире белән май шары башта читкә таба җәелә башлый, берничә секундтан соң аңардан боҗра аерылып чыга. Боҗра берничә кисәккә бүленә, ул кисәкләр барысы да кечкенә шарчыклар рәвешендә булалар һәм үзәк шар тирәсендә әйләнүләрен дәвам иттерәләр (62 нче рәсем).



62 нче рәсем. Спирттагы май шарына кечкенә таяк кертеп аны әйләндерсәң, шардан боҗра аерылып китә.

Бу кызыклы тәҗрибәне беренче мәртәбә Бельгия физигы Плато ясаган. Без биредә ул тәҗрибәнең классик формасын тасвирладык. Ленинградлы физик-педагог Розенберг күрсәткән юл белән бу тәҗрибәне ансатрак итеп ясарга мөмкин; ул да шактый кызыклы килеп чыга. „Кечкенә стаканны су белән чайкап прован мае тутыралар һәм аны икенче бер зур стаканның төбенә куялар. Зур стаканга кечкенә стакан күмелерлек кадәр итеп сакланып кына спирт салалар. Шуннан соң кашык белән, аз-азлап кына, зур стаканның стенасы буйлап саклык белән генә су салалар. Кечкенә стакандагы майның өсте кабарынкылана башлый; аның кабарынкылыгы әкренләп арта бара һәм җитәрлек кадәр су салынгач май өскә күтәрелеп шактый зур шар формасына ке-

63 нче рәсем. Плато тәҗрибәсенең гадиләштерелгәне.

рә. Ул шар су һәм спирт катнашмасының уртасында тора“ (63 нче рәсем).

Спирт булмаса, бу тәҗрибәне анилин белән дә ясарга була; ул гадәттәге температурада судан авыррак, ә 75—85° та судан җиңелрәк булган бер сыеклык. Димәк, эченә анилин салынган суны җылытсак, анилин су эчендә зур шар формасына кереп йөзеп йөрергә тиеш. Бүлмә температурасында анилин тамчысын тоз эремәсендә тигезләштерергә мөмкин[1].

## Ядрә нилектән түгәрәк?

Югарыда без, авырлык көче тәэсиреннән котылган һәрбер сыеклык үзенең табигый формасына — шарсыман формага керә дип сөйләдек. Ирекле төшкән вакытта һәрбер әйбернең авырлыгы булмавын (бу турыда элегрәк сөйләнелгән иде) һәм әйбер төшә башлаганда һаваның каршылыгы исәпкә кертмәслек дәрәҗәдә аз икәнен[2] искә алсагыз, түбән төшүче сыеклык тамчыларының шарсыман формага керүләрен аңларсыз. Яңгыр тамчылары чыннан да шар формасында булалар. Ядрәләр дә — эрегән кургашын тамчыларының катуыннан хасил булган шарчыклар. Ядрә эшләнә торган заводта эрегән кургашынны шактый биек урыннан тамчы-тамчы итеп салкын суга төшерәләр, анда алар түп-түгәрәк шарчыклар формасында булып каталар.

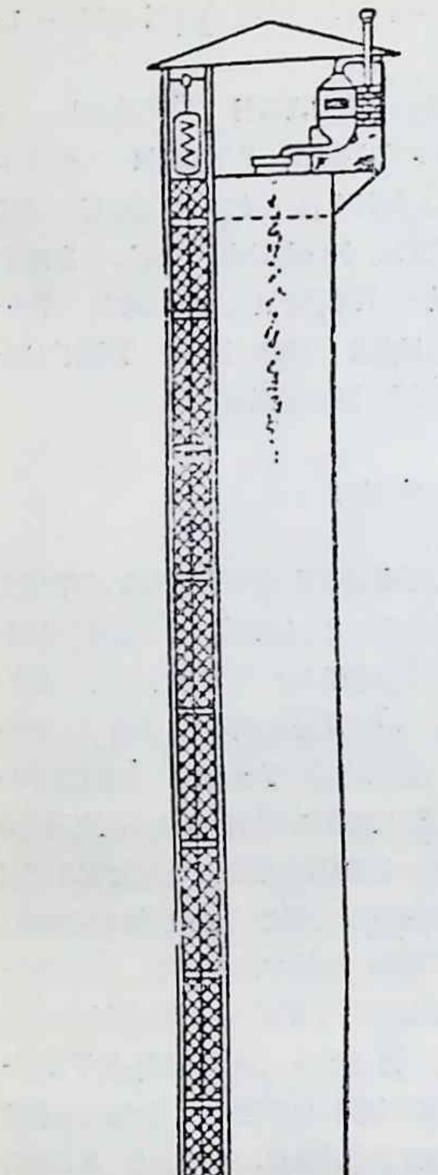
Бу рәвештә коелган ядрәләр „башня ядрәсе“ дип аталалар, чөнки ядрә кою заводында кургашын тамчыларын биек башня башыннан төшерәләр (64 нче рәсем). Ул башня металлдан эшләнә һәм аның биеклеге 45 метрга җитәргә мөмкин; аның иң югарыгы өлешендә кургашын эретү казаннары куелган бина урнашкан; түбәндә сулы бак тора. Коелган ядрәләрне сортларга аералар һәм эшкәртәләр. Эрегән кургашын тамчысы төшкән чагында ук шар формасында булып ката; су-

---

[1] Башка сыеклыклардан — ортотолуидин — куе кызыл төстәге сыеклык белән дә файдаланырга була; ортотолуидинны тозлы суга батыралар, чөнки аларның чагыштырма авырлыгы бертигез.

[2] Төшә башлау моментында гына яңгыр тамчыларының төшүләре ирекле төшү була; беренче секундның чама белән икенче яртысына инде, һава каршылыгы арту сәбәпле, тамчының хәрәкәте тигез хәрәкәткә әйләнә. Бу турыда минем „Кызыклы механика“ китабымда „Яңгыр тамчыларының тизлеге“ дигән 9 нчы бүлектә тулырак сөйләнгән.

лы бак ядрәнең бәрелүен йомшату һәм аны яньчелеп шар формасын югалтудан саклау өчен генә кирәк (диаметры 6 *мм* дан артык булган ядрәләр, картечь ядрәләре, башка юл белән — чыбыкны тиешле зурлыкта кискәләп һәм соңыннан ул кисәкләрне тәгәрәтеп ясала).



64 нче рәсем. Ядрә кою заводының башнясы.

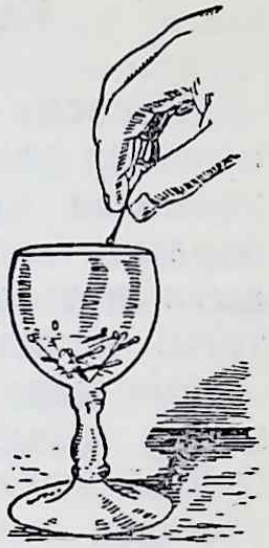
## „Төпсез“ бокал

Сез бокалга кырыена кадәр җиткереп су саласыз. Ул мөлдерәп тулган. Бокал янында булавкалар ята. Бәлки бокал эчендә бер-ике булавкалык кына урын табылыр? Карап карагыз.

Булавкаларны берәм-берәм салыгыз һәм саный барыгыз. Аларны сак кына салырга кирәк: булавканың очын әкрен генә суга кертегез дә, суны чайпалдырып түкмәү өчен, булавканы һичбер тирбәтмичә кулыгыздан ычкындырып җибәрегез. Төпкә бер, ике, өч булавка төшеп китәр, ләкин суның биеклеге һич үзгәрмәс. Ун, егерме, утыз булавка... Су агып чыкмый. Илле, алтмыш, җитмеш... Йөзләгән булавка бокал төбендә ята, ә су һаман да бокалдан агып чыкмый әле (65 нче рәсем).

Агып чыкмау гына түгел, хәтта су бокал кырыеннан беленерлек дәрәҗәдә калыкмый. Булавкаларны салуны дәвам иттерегез. Икенче, өченче, дүртенче йөз булавка су төбенә төшеп утырыр, — бокалның кырыеннан бер тамчы су да ташып чыкмас; ләкин хәзер инде суның бокал

кырыеннан кабарып чыкканы күренә башлар. Әнә шул калкып чыгу бу гаҗәп күренешнең бөтен серен ачып бирә. Әгәр пыяла бераз майлы булса, аны су бик аз чылата; билгеле инде, без кул белән тоткан һәрбер савыт кебек үк, бокалның да кырыйларына безнең бармакларыбыздан май йогып калган була. Бокалның кырыйлары чыланмау аркасында, булавкалар кысрыклаган су агып чыкмый, өскә кабара. Аның калкуы аз күренә, ләкин әгәр бер булавканың күләмен исәпләп тапсагыз һәм аны әлеге калкулык күләме белән чагыштырып карасагыз, беренче күләм бокал кырыеннан калкып чыккан су күләменнән йөзләрчә тапкыр кечкенәрәк икәнен күрерсез; шуңа күрә дә „тулы“ бокалда тагын берничә йөз булавкалык урын табыла. Савыт никадәр киң булса, аңа шулкадәр күбрәк булавка сыйдырып була, чөнки анда суның калкулык күләме дә зуррак була.



65 нче рәсем. Сулы бокал һәм булавкалар белән искитәргеч тәҗрибә.

Мәсьәлә ачыклансын өчен, бер мисалны исәпләп карыйк. Булавканың озынлыгы 25 *мм* чамасы, ә юанлыгы — ярты миллиметр. Мондый цилиндрның күләмен, геометриядәге мәгълүм формуладан $\left(\frac{\pi d^2 h}{4}\right)$ файдаланып исәпләп табу читен түгел; ул 5 *куб* миллиметр, ә башындагы шарчыгы белән булавканың күләме $5^1/_2$ *куб* миллиметр була.

Хәзер бокал кырыеннан калкып торган суның күләмен исәпләп карыйк. Бокалның диаметры—9 *см*=90 *мм*.

Мондый түгәрәкнең мәйданы 6400 *кв.* миллиметр. Әгәр өскә калкып торган су катлавын бер генә миллиметр дип уйласак та, аның күләме 6400 *куб* миллиметр була; бу бер булавканың күләменнән 1200 тапкыр зуррак. Икенче төрле әйткәндә, „тутырып“ су салынган бокалга тагын меңнән артык булавка салып була. Чыннан да, әгәр саклык белән генә салсаң, аңа меңләп булавка сыйдырырга мөмкин; ул вакыт бокал эче булавкалар белән тулган кебек күренә, хәтта кайбер булавкаларның кырыйга чыгып торулары да мөмкин, — ә шулай да су ташып чыкмый.

## Керосинның кызыклы үзенчәлеге

Керосин лампасы белән эш иткән кешегә керосинның бер үзенчәлеге аркасында килеп чыккан, һич көтелмәгән күңелсез хәлләргә очрарга туры килгәне бардыр. Сез лампа савытына керосин саласыз һәм савытның тышын корытып сөртәсез, ә бер сәгатьтән ул тагын юешләнгән була.

Эш менә нәрсәдә: сез лампаның яккычын җитәрлек кадәр тыгыз итеп бормагансыз һәм керосин, пыяла буйлап җәелергә омтылып, савытның тышкы ягына да үрмәләп чыккан. Әгәр мондый „сюрпризлар"дан котыласыгыз килсә, сез аны мөмкин кадәр тыгызрак борып куегыз[1].

Машиналары керосин (яки нефть) белән эшли торган судноларда (пароходларда, катерларда һ. б.) керосинның үрмәләүчәнлеге бик зур күңелсезлекләр тудыра. Андый судноларда, әгәр тиешле чаралар күрелмәгән булса, керосин һәм нефтьтән башка һичбер төрле товар йөртеп булмый, чөнки керосин һәм нефть күзгә күренмәс тишекләр аша бакның тышкы ягына үрмәләп чыгу гына түгел, бөтен җиргә үтеп керә, хәтта юлчыларның киемнәренә дә сеңә һәм бөтен әйбердән котылгысыз ис аңкып тора. Бу бәла белән көрәшү, күбесенчә, файдалы нәтиҗә бирми.

Инглиз юмористы Джером үзенең „Бер көймәдә өчәү" исемле шаян хикәясендә керосин турында сөйләгәндә бик үк арттырмаган:

„Керосин шикелле һәрбер җиргә үтеп керергә сәләтле башка матдәне белмим мин. Без аны көймәнең борын ягына куйдык, ә ул көймәнең икенче башына да саркып үтте, һәм үзенең исен юлда очраган бөтен нәрсәгә сеңдерде. Көймәнең тышчасы аша чыгып, ул суга тамып барды, һаваны, күкне бозды, тормышыбызны агулады. Кайчагында төньяктан керосин җиле — яңа җил исте; кайчакта — көньяктан, кайчакта — көнбатыштан яки көнчыгыштан искәләде,

---

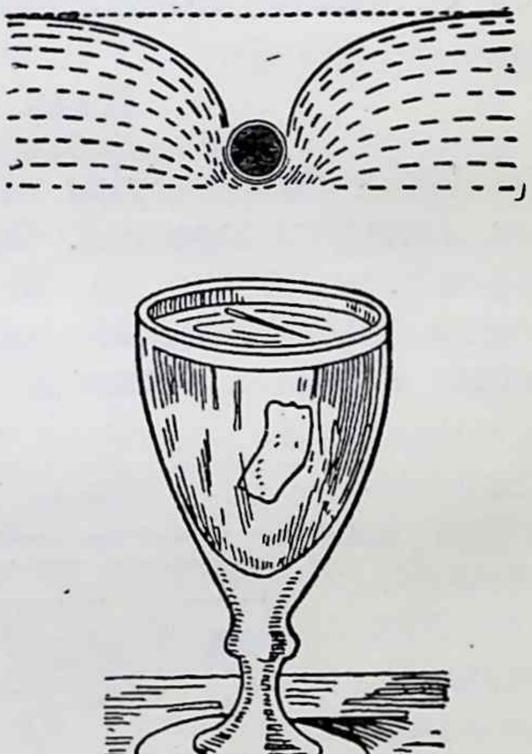
[1] Ләкин тыгызлап бору белән бергә шуны да истә тотыгыз: керосинны лампаның савытына тутырып салырга ярамый, чөнки җылынганда керосин шактый киңәя (температура 100° ка күтәрелгәндә керосинның күләме уннан бергә арта) һәм савыт шартламасын өчен киңәерлек урын калдырырга кирәк.

ләкин кайдан гына исмәсен, ул безгә керосин белән аңкып килде. Кичләрен бу ис кояш баешының матурлыгын юкка чыгара, ә ай нурлары керосин белән коендырып торалар иде... Көймәне күпер янына бәйләп куеп, без шәһәргә йөрергә киттек,—ләкин коточкыч ис безне эзәрлекләп барды. Бөтен шәһәргә керосин сеңгән кебек иде". (Чынында, юлчыларның киемнәренә генә керосин сеңгән булган, әлбәттә.)

Керосинның савыт тышын чылата алу сәләте керосин металлар аша, пыяла аша үтеп чыга ала дигән ялгыш уй тудырганын әйтеп үтик.

## Суга батмый торган бер тиенлек акча...

әкияттә генә түгел, чыннан да бар. Әгәр ансат кына башкарыла торган берничә тәҗрибә ясап карасагыз, сез моңа ышанырсыз. Кечкенәрәк әйберләрдән — инәләрдән башлыйк. Корыч инәне су өстендә йөздерү мөмкин түгел шикелле, ләкин моны эшләү әллә ни кыен түгел. Су өстенә бер кисәк папирос кәгазе, ә аның өстенә бик коры итеп сөртелгән инә куегыз. Хәзер инә астыннан кәгазьне саклык белән генә алырга кирәк. Ул болай эшләнә: икенче бер инә яки булавка белән кәгазьнең кырыйларын аз-азлап кына суга батыра килеп аның уртасына барып җитәләр; кәгазь җебеп беткәч төпкә батып китәр, ә инә су өстендә калыр. Стакан кырыена магнитны якынайтып, сез инәне теләсә кай якка күчереп йөртә дә алырсыз (66 нчы рәсем).



66 нчы рәсем. Су өстендә йөзеп йөрүче инә. Югарыда — инәнең аркылы киселеше (юанлыгы—2 *мм*) һәм судагы батынкылыкның төгәл формасы (зурайтылган). Түбәндә — кәгазь кисәге ярдәмендә инәне су өстендә калдыру ысулы.

Берникадәр осталык булганда, папирос кәгазеннән башка да эшләргә мөмкин: бармакларыгыз белән инәнең урта бер җиреннән тотыгыз да горизонталь хәлдә берникадәр югарылыктан су өстенә төшерегез.

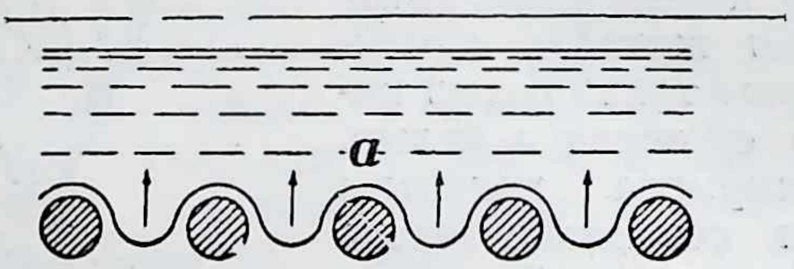
Инәне генә түгел, булавканы да су өстендә тотарга мөмкин (ләкин юанлыклары 2 *мм* дан артык булмасын), җиңел төймәне дә, кечкенә яссы металл әйберләрне дә су өстендә йөздереп була. Бу эштә остарып җиткәч, бер тиенлек акчаны суда йөздереп карагыз.

Без кулыбыз белән тоткан һәрбер металл әйбер өстендә юка гына май катлавы кала, су аларны начар чылата, менә шул сәбәпле бу әйберләр су өстендә йөзә алалар. Шунлыктан су өстендә торучы инәнең тирә-ягында батынкылык хасил була, аны хәтта күрергә дә мөмкин. Сыеклыкның өске ярысы тигезләнергә омтылып, инәгә югары таба басым ясый һәм шуның аркасында аны төшерми тотып тора. Йөзү законы буенча, сыеклыкның этеп чыгару көче дә инәне тотып тора (инә кысып чыгарган су авырлыгына тигез көч белән су инәне этеп чыгарырга тырыша).

Инәне аз гына майласаң, аны су өстендә батырмый тоту тагын да ансат: андый инәне турыдан-туры су өстенә куярга мөмкин — ул батмый.

## Иләк белән су ташу

Иләк белән суны әкияттә генә түгел, чынбарлыкта да ташырга мөмкин. Физика белеме шундый мөмкин булмаган эшне дә башкарырга ярдәм итә. Моның өчен диаметры 15 сантиметрлы тимер иләк кирәк; аның күзләре артык кечкенә булмасын (1 *мм* чамасы).




67 нче рәсем. Парафинланган иләктән су ни өчен агып чыкмый?

Шул иләкнең челтәрен эрегән парафинга батырып алалар. Челтәрнең тимер чыбыкларына күзгә күренми торган диярлек юка парафин катлавы йогып кала.

Иләк иләк килеш калды, — аның тишекләре ачык, алар аша булавка бик җиңел үтеп чыга, — ләкин инде сез аның белән чыннан да су ташый аласыз. Су шак-

тый тирән булса да аның тишекләреннән акмый. Ләкин иләккә суны саклык белән генә салырга һәм аны селкетмәскә, бәрмәскә кирәк.

Су нилектән акмый соң? Чөнки парафин су белән чыланмый, шуңа күрә челтәрнен күзләрендә су бик юка ярылар ясый, кабарынкы яклары белән түбән таба караган шул ярылар суны түбән төшерми тотып торалар (67 нче рәсем).

Шул парафинлаган иләкне су өстенә куйсаң, ул анда батмый тора. Димәк, иләк белән су ташу гына түгел, йөзеп йөрергә дә мөмкин.

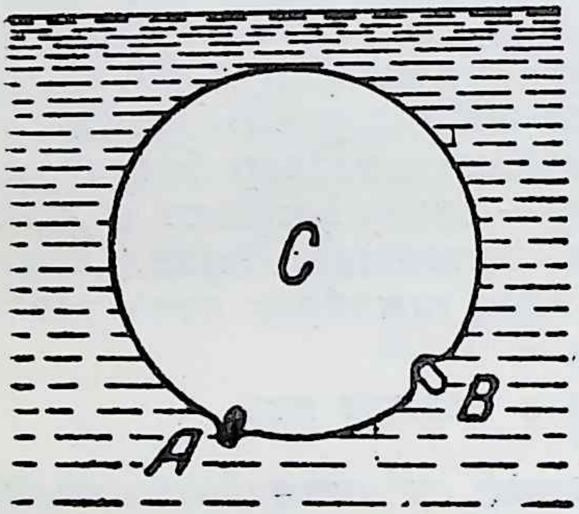
Бу парадоксаль тәҗрибә берничә гади күренешне аңлатып бирә, ә без ул күренешләргә шулкадәр күнеккәнбез, хәтта аларның сәбәпләрен уйлап та карамыйбыз. Кисмәкләрне, көймәләрне сумалалау, бөкеләрне майлау, су кермәскә тиешле әйберләрнең барысын да майлы буяу һәм гомумән майлы матдәләр белән буяп кую, тукымаларны резиналау — болар һәммәсе дә хәзер генә сөйләнгән иләк ясауга охшыйлар. Эшнең асылы барысында да бер үк, тик иләк гаҗәбрәк кенә тоела.

## Күбек техникага хезмәт итә

Корыч инәне, бакыр акчаны су өстендә батмыйча тоту тәҗрибәсе тау-металлургия промышленностенда металл рудаларын „баету", ягъни алардагы кыйммәтле өлешләрне арттыру өчен файдаланыла торган күренешкә охшый. Техникада рудаларны баетуның күп юлы бар; хәзер без сөйли торган, „флотация" дип аталган ысул — иң уңышлысы; башка юллар белән барып чыкмаган очракларда да бу ысул уңышлы кулланыла.

Флотация (ягъни калкып чыгу) күренеше түбәндәгедән гыйбарәт. Бик нык вакланган металл рудасын майлы матдәләр катыштырылган сулы чанга салалар, ул майлы матдәләр файдалы минерал кисәкчекләрен суда чыланмый торган бик юка гына яры белән урап алалар. Катнашманы бик нык бутап һава белән аралаштыралар, анда бик вак һава куыклары — күбекләр хасил була. Шул вакыт майлы матдә катлавы белән капланган файдалы минерал кисәкчекләре һава куыкчыкларына ябышалар һәм эленеп калалар. Һава шары атмосферада гондоланы югары күтәреп менгән кебек, һава куыкчыгы да үзенә асылынган кисәкчекне өскә

калкытып чыгара (68 нче рәсем). Майлы матдә катлавы белән капланмаган файдасыз токым кисәкчекләре исә һава куыкларына ябышмыйлар, сыеклык эчендә калалар. Шуны әйтеп үтәргә кирәк, һава куыгының күләме минерал кисәкчегенә караганда шактый зуррак, шуның аркасында ул каты кисәкчекне күтәреп чыга ала. Нәтиҗәдә, файдалы минерал кисәкчекләре барысы да диярлек сыеклык өстендәге күбектә була. Ул күбекне җыеп алалар һәм тагын да эшкәртү урынына җибәрәләр. Эшкәрткәннән соң аннан „концентрат“ килеп чыга; ул концентратта файдалы минерал башта алынган рудадагыга караганда уннарча тапкыр артыграк.



68 нче рәсем. Флотациянең асылы.

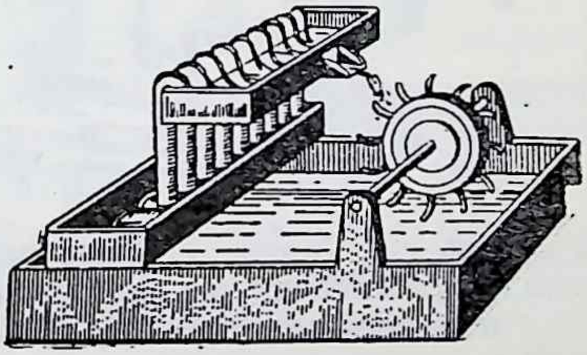
Флотация техникасы хәзерге вакытта бик җентекләп эшләнде һәм хәзер, катнашмадагы сыеклыкларны кирәгенчә сайлап алганда, теләсә нинди рудадагы файдалы минералларны буш токымнардан аерып алырга мөмкин. Кирәкле катышмаларны ничек хәзерләү мәсьәләсен чит ил фабрикалары сер итеп тоталар. Яхшы, арзан һәм чит илләрнекеннән һич калышмый торган флотация сыеклыкларының рецептларын совет химиклары үзләре таптылар. СССРда бу эшне машиналаштыру мәсьәләсе дә куелды.

Промышленностьта флотация бик киң кулланылуга да карамастан, бу процессның физик ягы бөтен вакыйкларына кадәр ачыкланып бетмәгән әле. Бу мәсьәләдә практика теориядән алдарак бара. Флотацияне теория түгел, очраклы бер фактны бик җентекләп күзәтү тудырды. Узган гасырның ахырында бакыр колчеданыннан бушаган майлы капчыкларны юган вакытта колчедан бөртекләренең сабын күбеге белән өскә калкып чыкканын күргәннәр. Менә шул күренеш флотация ысулын үстерүгә юл ача. Ул хәзерге гасырның башыннан алып кына уңышлы кулланыла. Флотация аппаратлары артык катлаулы түгел һәм аңа эшчеләр дә аз кирәк.

## Уйланма „мәңгелек“ двигатель

Кайбер китапларда чын „мәңгелек“ двигатель дип түбәндәгечә төзелгән прибор турында язалар: бер савытка тутырылган май (яки су) филтәләр буйлап иң элек бер савытка күтәрелә, аннан икенче филтәләр буйлап тагын да югарырак менә; югарыгы савытның май агып төшү өчен улаклары бар; ул май тәгәрмәч калаклары өстенә төшә һәм аны әйләндерә. Агып төшкән май филтәләр буйлап тагын югарыгы савытка күтәрелә. Шулай итеп, тәгәрмәч өстенә төшүче май агынтысы бер секундка да өзелеп тормый, шуның аркасында тәгәрмәч мәңге әйләнеп торырга тиеш... (69 нчы рәсем).

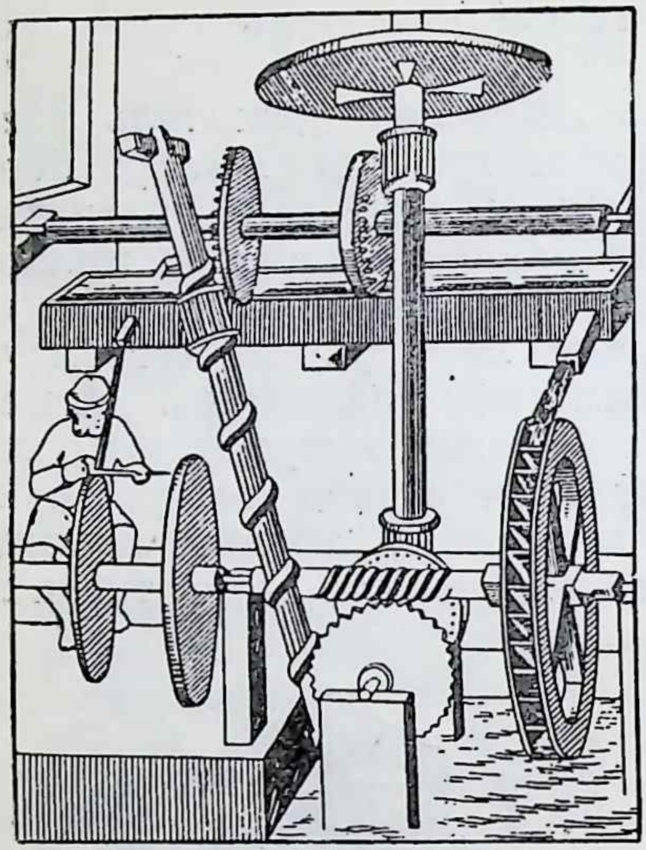
Бу тәгәрмәч турында язучы авторлар аны ясап караган булсалар, алар үз күзләре белән күреп, тәгәрмәчнең һичбер әйләнмәвенә генә түгел, югарыгы савытка бер тамчы сыеклык та барып төшмәвенә ышанырлар иде!



69 нчы рәсем. Эшкә ашырылмас әйләнчек.

Хәер, тәгәрмәчне ясап карамыйча да моңа төшенергә мөмкин. Чынлап та, ни өчен автор филтәнең югарыга бөгелеп торган өлешеннән май түбән тамарга тиеш дип уйлый? Капиллярлык көче авырлыкны җиңеп, сыеклыкны филтә буйлап югары күтәрде; ләкин шул ук көч юешләнгән филтә каналларындагы сыеклыкка тамарга ирек бирмичә тотып торыр. Әгәр капиллярлык көчләре аркасында сыеклык югарыгы савытка күтәрелде дип уйласак, сыеклыкны югарыгы савытка күтәрүче филтәләр үзләре үк аны яңадан түбәнге савытка кире кайтарырга тиешләр булып чыга.

Бу уйланма мәңгелек двигатель моннан өч ярым гасырдан да элегрәк (1575) Италия механигы Өлкән Страда уйлап чыгарган икенче бер, су белән „мәңге“ хәрәкәт итә торган машинаны хәтерләтә. 70 нче рәсемдә шул мәзәк проект күрсәтелгән. Архимед винты әйләнгән чакта суны югарыгы бакка күтәрә, аннан улак буйлап су агымы түбән төшә һәм чарык калак-



70 нче рәсем. Чарны әйләндерергә тиешле „мәнгелек“ су двигателенең борынгы проекты.

ларына бәрә (уң якта, түбәндә). Су чарыгы кайрау станогын әйләндерә һәм, шул ук вакытта, югарыгы бакка су күтәрү эшен башкаручы Архимед винтын да әйләндереп тора. Винт тәгәрмәчне, тәгәрмәч винтны әйләндерә дигән сүз!.. Әгәр инде мондый механизмнар мөмкин икән, аларны бик гади итеп болай ясарга да булыр иде: блок аша бау уздырасың да, аның ике очына да бертигез авырлыктагы герләр тагасың: бер гер түбән төшкәндә икенчесен югары күтәрер, ә икенчесе түбән төшкәндә беренче герне күтәрер. „Мәңгелек“ двигательгә охшаган бит?

## Сабын куыклары

Сез сабын куыгы ясый беләсезме? Күп кеше уйлаганча аны ясау бик ансат түгел. Үзем ясап караганчы, мин дә аның өчен һичбер осталык кирәк түгел дип уйлаган идем. Зур һәм матур куыклар ясый белү — үзенә бертөрле сәнгать ул, аңарга күнегү, остару кирәк.

Сабын куыклары ясау шикелле юк эш белән маташуның кирәге бармы соң?

Халык арасында аларның яман аты чыккан: һич югында без аларны сүз арасында хурлап чагыштыру өчен искә алабыз. Ләкин аларга физик кеше бөтенләй башкача карый. „Сабын куыгы өреп ясагыз һәм аңа карап торыгыз: сез аны гомер буена һичтуктаусыз тикшерә һәм аннан һәрвакыт физика сабаклары алып тора аласыз“,— дияр физик кеше.

Сабын куыгының бик нечкә ярысы өстендә күренгән искиткеч матур төрле-төрле төсләр физик кешегә

яктылык дулкыннарының озынлыкларын үлчәргә мөмкинлек бирәләр, ул юка ярыларның тартылыш көчләрен тикшерү кисәкчекләр арасындагы үзара тәэсир итү, үзара ябышу законнарын өйрәнергә ярдәм итә, ә ул үзара ябышу булмаса, дөньяда гаять вак тузаннан башка бер нәрсә дә булмас иде.

Түбәндә сөйләнгән берничә тәҗрибә андый җитди мәсьәләләрне тикшерүне максат итеп куймый. Алар— безне сабын куыкларын ясау осталыгы белән таныштыру өчен мавыктыргыч тәҗрибәләр генә. Ч. Бойсның „Сабын куыклары“ исемле китабында алар белән ясала торган күп төрле тәҗрибәләр турында җентекләп сөйләнгән. Бик кызыксынучыларга без шул китапны күрсәтәбез, ә биредә иң гади тәҗрибәләргә генә тукталабыз.

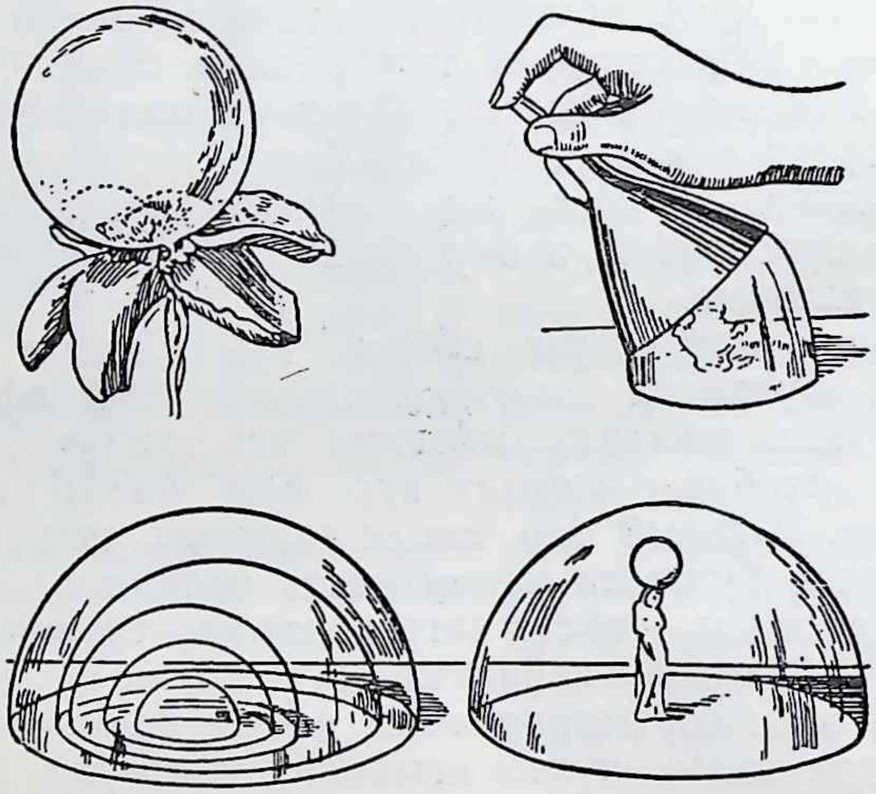
Аларны гади сары сабын эремәсеннән ясарга мөмкин[1], шулай да теләгән кешеләргә без саф зәйтүн маеннан яки миндаль маеннан ясалган сабыннарны тәкъдим итәбез — алардан зур һәм матур куыклар ясап була. Шундый бер кисәк сабынны шактый куе эремә хасил булганга кадәр чиста салкын суда эретәләр. Иң яхшысы — чиста яңгыр яки кар суында эретү, әгәр алар булмаса, кайнатып суытылган су да ярый. Куыклар озак торсыннар өчен сабын эремәсенә аның өчтән бере кадәр (күләм ягыннан) гөлсирин кушарга кирәк. Эремә өстендәге күбекне һәм куыкларны кашык белән алып ташлыйлар, шуннан соң аның эченә нечкә балчык көпшә батыралар, ул көпшәнең очы эчтән дә, тыштан да сабын белән сыланган булырга тиеш. Очы дүрт япькә аерылып як-якка каерылып куелган, ун сантиметр озынлыктагы салам белән дә яхшы тәҗрибә ясап була.

Сабын куыгын түбәндәгечә өреп ясыйлар: көпшәне сабын суына манчып алалар да аның башында сабын ярысы хасил булгач, көпшәне вертикаль торган хәлдә акрын гына өрәләр. Шул вакыт хасил булган куык эченә безнең үпкәбездән чыккан җылы һава тула; ул тирәюнь һавасыннан җиңелрәк булганлыктан, сабын куыгы шунда ук югары күтәрелә.

Әгәр башта ук диаметры 10 сантиметрлы куык килеп чыкса, димәк, сабын эремәсе ярый дигән сүз;

[1] Исле сабын ярап ук бетми.

әгәр алай булмаса, шундый зурлыктагы куык ясарга мөмкин булганчы эремәгә тагын сабын өстиләр. Ләкин бу сынау гына җитми әле. Сабын куыгын ясыйлар да бармакны эремәгә манып алып, бармак очы белән куыкка төртеп карыйлар; әгәр куык шартламаса, тәҗрибәләр ясауга керешергә мөмкин, әгәр куык түзмәсә, тагын бераз сабын кушарга кирәк.



71 нче рәсем. Сабын куыклары белән тәҗрибәләр; чәчәк өстендә куык; ваза тирәсендә куык; берсе эченә берсе урнашкан куыклар; зур куык эченә урнашкан һәйкәл өстендәге куык.

Тәҗрибәләрне акрынлап, тыныч һәм каушамыйча гына ясарга кирәк. Тәҗрибә урыны мөмкин кадәр якты булырга тиеш, югыйсә куык төрле төсләр белән җемелдәп күренмәячәк.

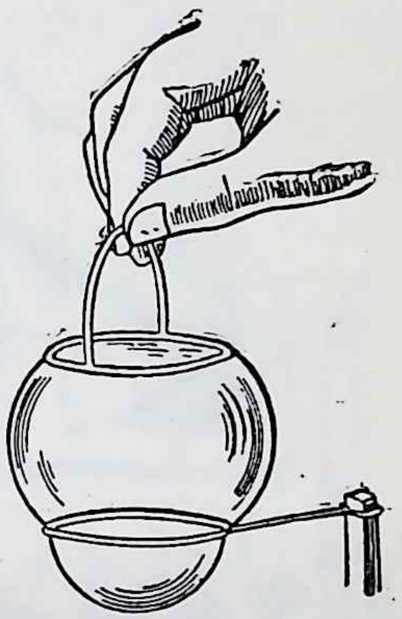
Сабын куыгы белән түбәндәгечә берничә кызыклы тәҗрибә ясарга мөмкин.

Ч ә ч ә к  т и р ә с е н д ә  с а б ы н  к у ы г ы. Тәлинкә яки поднос төбенә 2—3 миллиметр тирәнлектә итеп сабын эремәсе салалар, аның уртасына чәчәк яки кечкенә ваза куялар һәм өстән пыяла бүрәнкә каплыйлар. Шуннан соң бүрәнкәне акрын гына күтәрә барып, аның көпшәсенә өрәләр,— сабын куыгы хасил була. Куык кирәк кадәр зурлыкка җиткәч, бүрәнкәне 71 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә бер якка ияләр дә

куыкны аның астыннан чыгаралар. Шул вакыт чәчәк төрле төстә нурлар уйнатып торган бик юка сабын ярысы калпагы астында кала.

Чәчәк урынына кечкенә һәйкәл куярга һәм аның башын кечкенә куык белән бизәргә мөмкин (71 нче рәсем). Моның өчен иң элек һәйкәлнең башына бер тамчы сабын эремәсе тамызырга кирәк; шуннан соң зур куыкны ясыйлар һәм, аның эченә саламны кертеп, һәйкәл башына кечкенә куык кабартып куялар.

Берсе эченә берсе урнашкан берничә куык (71 нче рәсем). Югарыда сөйләнгән тәҗрибәдәге кебек пыяла бүрәнкәдән файдаланып зур куык ясыйлар. Шуннан соң саламны, авызга куя торган җирен генә коры калдырып, сабын эремәсенә манып алалар да саклык белән генә зур куыкның үзәгенә кадәр кертәләр; аннары аны акрын гына тышка таба, ләкин кырыйга җиткезмичә, тартып китерәләр һәм беренче куык эчендә икенчесен, анысы эчендә өченчесен, дүртенчесен һ. б. куыкларны ясыйлар.



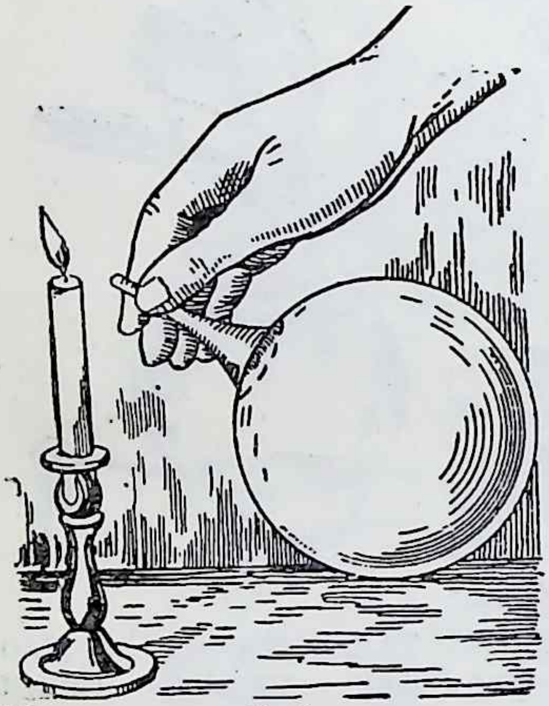
72 нче рәсем. Цилиндр формасындагы сабын куыгын ничек ясарга.

Сабын ярысыннан цилиндр (72 нче рәсем) ике тимер чыбык боҗра арасында ясала. Моның өчен түбәндәге боҗра өстенә шарсыман куык утыртып куялар да аның өстенә сабын эремәсенә манып алынган икенче боҗраны китереп орындыралар һәм, куык цилиндр формасына кергәнче, боҗраны югары күтәрәләр. Шунсы кызык, әгәр боҗраны аның әйләнә озынлыгыннан зуррак биеклеккә күтәрсәң, цилиндрның бер як яртысы тарая, икенчесе киңәя һәм шул чакта ул ике куыкка бүленә.

Куыкның ярысы һәрвакыт киеренке хәлдә була һәм үз эчендәге һаваны кыса; бүрәнкә очын шәм ялкынына якынайтып карасагыз, гаять юка сабын ярысының киеренкелек көче бик үк аз түгел икәненә ышанырга мөмкин: шәм ялкыны шактый читкә тайпыла (73 нче рәсем).

Сабын куыгының бу ягын күзәтү дә бик кызыклы:

әгәр куыкны җылы бүлмәдән суыкка чыгарсаң, аның күләме кечерәя, салкынрак бүлмәдән җылырак бүлмәгә кертсәң, киресенчә, ул зурая төшә. Билгеле инде, моның сәбәбе куык эчендәге һаваның салкында кысылуында, ә җылыда киңәюендә. Мәсәлән, $-15°$ суыкта куыкның күләме 1000 *куб см* булса һәм аны шул салкыннан $+15°$ температуралы бүлмәгә кертсәләр, күләм чама белән $1000 \times 30 \times \frac{1}{273} = 110$ *куб см* га артырга тиеш.

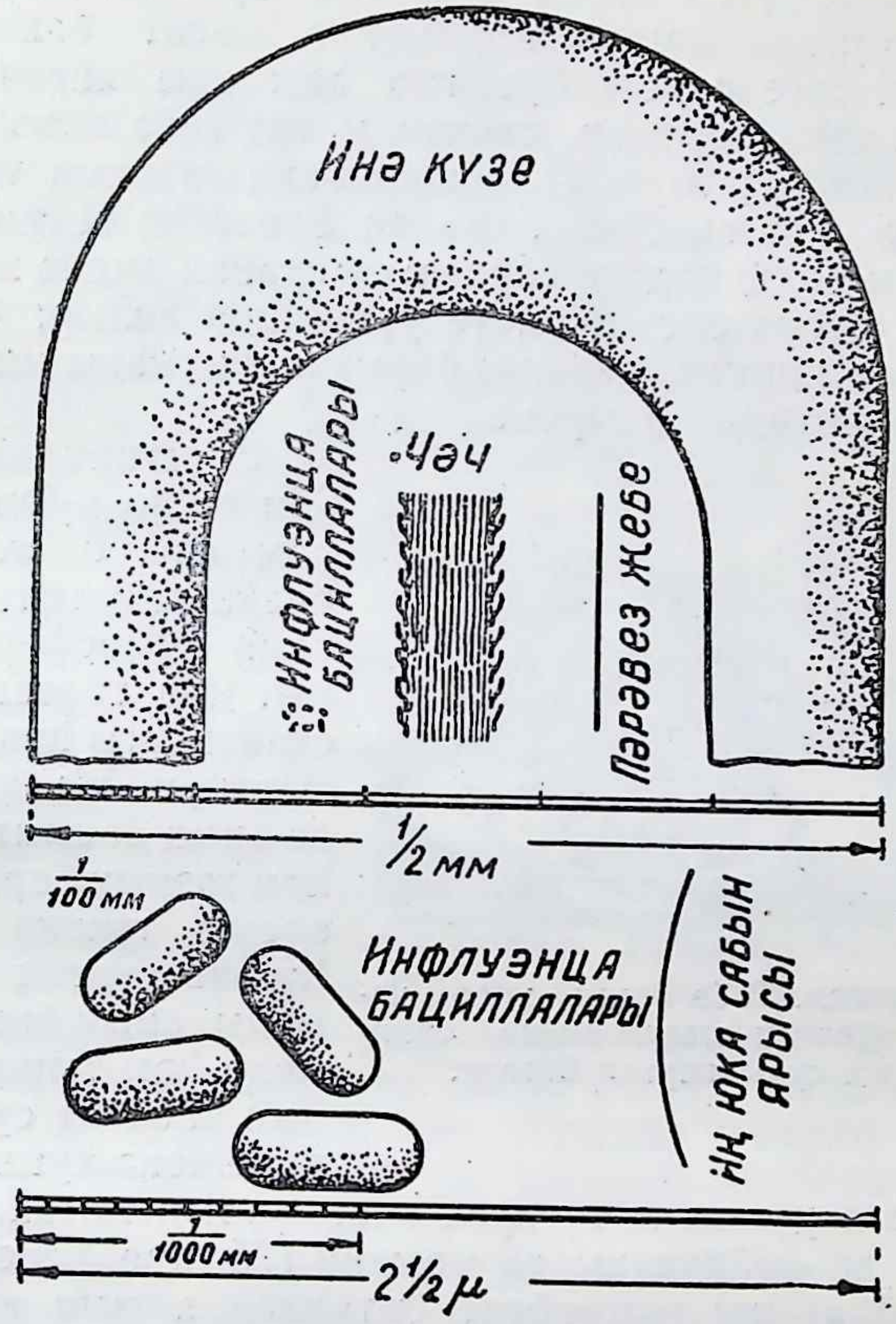


73 нче рәсем. Сабын куыгы стеналары һаваны кысып чыгара.

Шуны да әйтеп китәргә кирәк: сабын куыклары озак тора алмыйлар дигән уй бик үк дөрес түгел; тиешле шартлар булганда ул атналар буена яши ала. Сабын куыклары белән тәҗрибәләр ясап өйрәнүче физиклар махсус шешәләр эчендә яки тузаннан, кибүдән, селкенүдән яхшы саклый торган калпаклар астында сабын куыгын айлар буена, хәтта аннан да озаграк саклый алганнар.

## Иң нечкә әйбер нәрсә?

Гади күзгә күренә торган иң нечкә нәрсәләрнең берсе сабын куыгы ярысы икәнен аз кеше белә торгандыр. Без, гадәттә, нечкәлекне аңлатканда чагыштыра торган әйберләр сабын куыгы ярысы белән чагыштырганда бик тупаслар. „Чәч кебек нечкә“, „папирос кәгазе кебек юка“, дип сөйлиләр, ләкин сабын куыгы ярысы чәч бөртегеннән һәм папирос кәгазеннән 5000 тапкыр юкарак. 200 тапкыр зурайтканда кеше чәченең калынлыгы бер сантиметр чамасы булыр иде, ә сабын куыгы ярысының аркылысын шулкадәр тапкыр калынайтканда да күреп булмый. Сабын куыгы стенасы нечкә сызык кебек булып күренсен өчен аны тагын 200 тапкыр зурайтырга кирәк; чәч бөртегенең калынлыгын шулкадәр (40 000 тапкыр!) зурайтканда аның



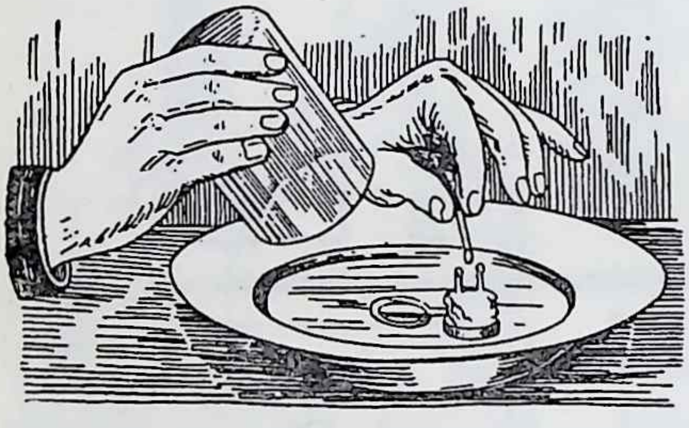

74 нче рәсем. Югарыда: 200 тапкыр зурайтылган инә күзе, кеше чәче, бациллалар һәм пәрәвез җебе. Түбәндә: 40 000 тапкыр зурайтылган бациллалар һәм сабын куыгы ярысы.

калынлыгы 2 *м* дан артык булыр иде. 74 нче рәсемдә алар бик ачык чагыштырылганнар.

## Судан коры чыгу

Яссы төпле зур тәлинкәгә бакыр акча куегыз, акча күмелгәнче су салыгыз һәм кунакларыгызга шул акчаны бармакларын чылатмыйча гына судан алырга тәкъдим итегез.

Мөмкин түгел кебек күренгән бу эш стакан һәм янып торган кәгазь ярдәмендә ансат башкарыла. Кәгазь кисәгенә ут кабызыгыз һәм аны янган килеш стакан эченә керткәч, стаканны тиз генә авызы белән түбән таба каратып, тәлинкәнең акчага якын урынына каплагыз. Кәгазь сүнәр, стакан эченә ак төтен тулар, ә аннары тәлинкәдәге барлык су стакан эченә җыелыр. Акча исә, билгеле инде, үз урынында калыр; бер минуттан ул кипкәч, сез аны бармакларыгызны чылатмый гына тәлинкәдән алырсыз.



75 нче рәсем. Төбе белән югары каратып куелган стакан эченә тәлинкәдәге суны кертеп бетерү.

Суны нинди көч стакан эченә куып кертте һәм аны билгеле бер биеклектә тотып тора соң? Атмосфера басымы. Яна торган кәгазь стакандагы һаваны җылытты, шуның аркасында аның басымы артты һәм газның берникадәр өлеше тышка чыкты. Кәгазь сүнгәч һава суынды, аның басымы кимеде һәм тышкы һаваның басымы суны стакан эченә куып кертте.

Кәгазь урынына түгәрәк бөкегә утыртылган шырпылардан да файдаланырга мөмкин (75 нче рәсем).

Бу борынгы тәҗрибәне бөтенләй ялгыш аңлатуны еш кына ишетергә, хәтта укырга да туры килә[1]. Стакан эчендә „кислород яна“, шуның аркасында анда газ кими,— дип сөйлиләр. Болай аңлату — тупас ялгышлык. Иң төп сәбәп — кәгазь янганда кислород йотылу түгел, һаваның җылынуы. Моның шулай икәнен түбәндәге фактган да аңларга була: бу тәҗрибәне һичбер кәгазь яндырмыйча, стаканны кайнар су белән чайкап алып та ясыйлар. Бу—бер. Икенчедән— әгәр кәгазь урынына спиртка манчылган мамык куйсаң, ул озаграк яна һәм һаваны күбрәк җылыта, шуның

[1] Бу күренешне беренче мәртәбә дөрес аңлатып бирүче — безнең эрадан бер гасыр чамасы элек яшәгән Византияле Филон дигән борынгы физик.

аркасында су стаканның ялтысына кадә диярлек күтәрелә; хәлбуки кислород һава күләменең биштән бер өлешен генә алып тора. Аннан соң шуны да искә алырга кирәк, „янган“ кислород урынына углекислый газ һәм су пары хасил була, алар да кислородтан бушаган урынның берникадәр өлешен алалар.

## Без суны ничек эчәбез?

Бу турыда да уйлап маташуның кирәге бармы икән? Әлбәттә. Без сыеклык салынган стаканны яки кашыкны авызга китереп, аның сыеклыгын эчебезгә „суырып алабыз“. Менә шул без иялəшеп беткән гади бер эшне — сыеклыкны ничек „суырып алу“ны аңлатырга кирәк. Чынлап та, ни өчен сыеклык безнең авызыбызга омтылып керә? Аны нинди көч тарта? Аның сәбәбе шул: эчкән вакытта без күкрәгебезне киңәйтәбез, шуның аркасында авызыбызда һава сирәкләнә; тышкы һаваның басымы белән сыеклык басым азрак булган урынга омтыла, һәм шулай итеп, авызга килеп керә. Биредә дә тоташ савытлардагы кебек күренеш була: әгәр тоташ савытларның берсе өстендәге һаваны сирәкләндерсәң, атмосфера басымы бу савыттагы сыеклыкны югары күтәрә. Әгәр сез шешә авызын иреннәрегез белән кысып алсагыз, сез андагы суны авызыгызга һич „суырып“ кертә алмассыз, чөнки авыз эчендә дә, шешәдә дә басым бертигез була.

Шулай итеп, төгәлрәк әйткәндә, без суны авызыбыз ярдәмендә генә түгел, бәлки үпкәбез ярдәмендә дә эчәбез икән; чөнки сыеклыкның авызга килеп керүенә үпкәнең киңәюе сәбәп була.

## Яхшыртылган бүрәнкә

Шешәгә бүрәнкә белән сыеклык салган кеше бүрәнкәне вакыт-вакыт күтәреп куярга кирәк икәнен, шулай итмәгәндә бүрәнкәдән сыеклыкның акмаганын белә. Шешәдәге һава тышка чыга алмаганлыктан, үзенең басымы белән бүрәнкәдәге сыеклыкны тотып тора. Дөрес, бераз сыеклык шешәгә ага, чөнки су басымы андагы һаваны кысрыклый. Ләкин кысылган һаваның киеренкелеге (басымы) арта һәм шул киеренкелек көче белән бүрәнкәдәге сыеклыкны күтәреп

тора. Бүрәнкәне күтәреп кую белән без шешәдә кысылган һавага чыгарга юл ачабыз һәм шул вакыт сыеклык тагын ага башлый.

Шуңа күрә, бүрәнкәнең көпшәсе шешә авызына тыгыз кереп утырмасын өчен, көпшә өстенә буй-буй сырлар ясалган булса, бик шәп булыр иде. Көнкүрештә андый бүрәнкәләрне минем очратканым юк; шулай сырлап ясалган фильтрлар лабораторияләрдә генә кулланыла.

## Бер тонна агач һәм бер тонна тимер

Бер тонна агачмы, әллә бер тонна тимерме авыррак? дигән шаян сорауны һәркем белә. Гадәттә, һичбер уйламыйча гына: „Бер тонна тимер авыррак",— дип җавап бирәләр һәм бөтен кешене көлдерәләр.

Әгәр бер тонна агач бер тонна тимердән авыррак дип җавап бирсәң, мәзәк сөюче кешеләр тагын да катырак көлерләр иде. Бу уйның һичбер нигезе юк шикелле,— ә шулай да, төгәл итеп әйткәндә, мондый җавап дөрес!

Эш менә нәрсәдә — Архимед законы сыеклыкларга карата гына түгел, газларга карата да дөрес. Һава эчендәге һәрбер әйбернең авырлыгы үз күләмендәге һава авырлыгы кадәр кимрәк була.

Дөрес, агач та, тимер дә һава эчендә үзләренең авырлыкларын беркадәр „югалталар". Аларның чын авырлыкларын белү өчен, һава эчендәге „югалту"ны кушарга кирәк. Димәк, беренче очракта агачның чын авырлыгы: бер тонна + агач күләмендәге һаваның авырлыгы; тимернең чын авырлыгы: бер тонна + тимер күләмендәге һаваның авырлыгы.

Бер тонна агачның күләме бер тонна тимер күләменнән шактый (15 тапкыр) зуррак, шуңа күрә бер тонна агачның чын авырлыгы бер тонна тимернең чын авырлыгыннан артыграк! Дөресрәк итеп әйткәндә, һава эчендә бер тонна тарткан агачның чын авырлыгы һава эчендә бер тонна булган тимернең чын авырлыгыннан артыграк.

Бер тонна тимернең күләме $^1/_8$ *куб м*, ә бер тонна агачның —2 *куб м*; шулай булгач, аларның күләмендәге һава авырлыкларының аермасы 2 $^1/_2$ *кг* чамасы була. Бер тонна агачның чын авырлыгы бер тонна тимернекеннән әнә шулкадәр зуррак!

## Авырлыгын югалткан кеше

Йон кисәге кебек кенә түгел, һавадан да җиңелрәк булырга[1], туйдырып бетергән авырлык көче богауларыннан бөтенләй котылып, җир өстеннән бик югары күтәрелергә һәм теләсә кая очып йөрергә,— балачактан ук күп кешенең башына килгән хыял ул. Ләкин болай уйлаганда, гадәттә, бер нәрсәне оныталар — кешеләр җир өстендә һавадан авыррак булу аркасында гына иркенләп йөри алалар. Без, асылда, һава океаны төбендә яшибез бит. Әгәр без берәр сәбәп белән мең тапкыр җиңеләйсәк — һавадан да җиңелрәк булып китсәк,— без, әлбәттә, һава океаны өстенә калкып чыгар идек. Пушкин тасвирлаган гусарга нәрсә булган булса, безнең белән дә шул булыр иде: „Шешәне төбенә кадәр эчеп бетердем: ышансаң ышан, ышанмасаң ышанма,— кинәт мамык кисәге кебек югары очып киттем". Без берничә километр биеклеккә, чагыштырма авырлыгыбыз сирәкләнгән һаваның чагыштырма авырлыгы белән тигезләшкән катлауга кадәр күтәрелер идек. Безнең таулар, болыннар өстендә иркенләп очып йөрү хыялыбыз юкка чыгар иде, чөнки авырлык көченнән котылу белән үк без икенче төрле көчкә — атмосфера агышларына әсир төшәр идек.

Язучы Уэллс үзенең фәнни-фантастик хикәяләренең берсендә шундый гадәттән тыш хәлне сюжет итеп алган.

Бик симез, юан бер кеше үзенең шул тулылыгыннан ничек кенә булса да котылырга тели. Ә бу хикәяне сөйләүчедә, имештер, симергән кешеләрнең артык авырлыгын киметә ала торган дару рецепты була. Юан кеше аңардан шул рецептны сорап алган һәм шул даруны эчкән. Дару биргән кеше үзенең танышының хәлен белергә барып ишеген шакылдаткач, һичбер көтелмәгән сюрпризларга тап булган:

„Ишек озак кына ачылмый торды. Бераздан ачкыч

---

[1] Күп кеше йон кисәге һавадан җиңелрәк дип уйлый; ләкин ул һавадан җиңел булу түгел, аңардан йөзләрчә тапкыр авыррак та әле. Аның йөзе зур булганлыктан, һава каршылыгы йон кисәгенең авырлыгыннан зуррак була һәм ул очып йөри ала.

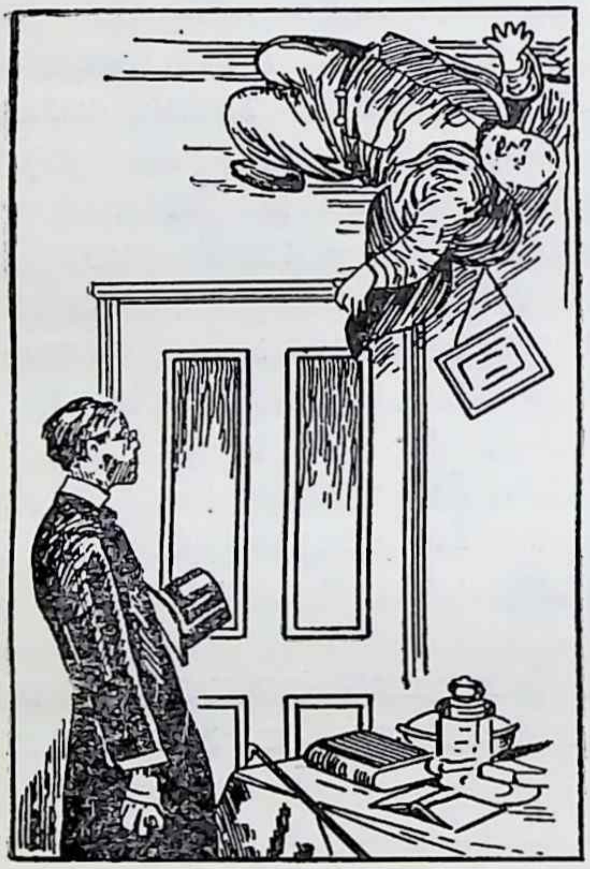
борылган тавышны ишеттем, аннан соң Пайкрафтның (юан кешенең исеме шулай):

— Керегез,— дигән сүзе ишетелде.

Ишек тоткасын бордым да ишекне ачтым. Билгеле инде, мин кергәч тә Пайкрафтны күрермен дип уйладым.

Беләсезме нәрсә,— ул анда юк иде! Кабинетында тәртипсезлек: тәлинкәләр, савыт-сабалар, китаплар һәм язу әсбаплары арасында яталар, берничә урындык авып төшкән, ә Пайкрафт үзе юк...

— Мин монда, картлач! Ишекне ябыгыз,— диде ул. Шул вакыт мин аны күреп алдым (76 нчы рәсем).



76 нчы рәсем. — Мин монда, картлач!—диде Пайкрафт.

Ул ишек өстендәге почмакта, кәрниз янында ук, кемдер аны түшәмгә ябыштырып куйгандай ята. Аның чырае ачулы һәм куркынган иде.

— Әгәр берәр нәрсә ычкына-нитә калса, Пайкрафт, сез егылып төшеп, муеныгызны сындырырсыз,— дидем мин.

— Мин аңа куаныр гына идем,— дип куйды ул.

— Сезнең яшьтәге һәм сезнең кебек авыр кешегә шундый гимнастика белән маташу... Карагыз әле, шайтан алгыры, сез анда ничек тотынып торасыз соң? — дип сорадым мин.

Һәм шул вакыт мин аның һичбер нәрсәгә тотынмаган икәнен, газ өреп тутырылган куык кебек югары күтәрелеп торуын күрдем.

Ул түшәмнән ычкынырга һәм стена буйлап үрмәләп минем янга төшәргә тырышып карады. Стенадагы гравюра рамына ябышты, ул ычкынып китте дә, Пайкрафт яңадан түшәмгә очып менде. Ул түшәмгә барып бәрелде, шуннан соң мин аның гәүдәсенең калку җирләренең нилектән акшарга буялганын аңлап

алдым. Ул тагын каминга ябышып, бик саклык белән генә түбәнгә төшәргә маташып карады.

— Бу дару бик артык көчле булып чыкты,— диде ул мышнап кына,— авырлыгым бөтенләй диярлек юк булды.

Шунда мин барысын да аңладым.

— Пайкрафт! — дидем мин.— Сезгә симезлектән дәваланырга кирәк иде бит, ә сез аны һәрвакыт авырлык ди идегез... Туктагыз, мин сезгә булышам,— дидем мин һәм кулыннан тартып, бичараны түбән төшердем.

Ул берәр җирдә нык басып торырга тырышып, бүлмә буйлап биеп йөрде. Әкәмәт күренеш! Җилле көнне җилкәнне кулдан ычкындырмаска тырышуга бик охшый иде бу.

— Бу өстәл бик нык һәм авыр, мине аның астына тыгып куя алсагыз...— диде биюдән алҗыган бәхетсез Пайкрафт.

Мин шулай иттем дә. Ләкин язу өстәле астына тыгып куйгач та, ул бер минут та тыныч тора алмыйча, бәйләп куелган һава шары кебек селкенеп тора иде.

— Сез эшләмәскә тиеш нәрсә ачыктан-ачык,— дидем мин.— Әгәр, әйтик, өйдән чыгып китәргә уйласагыз, анда сез биектән-биеккә күтәрелеп китәрсез...

Мин аңа үзенең яңа хәленә җайлашырга киңәш бирдем. Куллары белән үрмәләп, аңа түшәмдә йөрү читен түгеллеген аңлаттым.

— Мин йоклый алмыйм,— дип зарланды ул.

Мин аңа йомшак түшәкне кровать челтәренә беркетергә һәм барлык урын-җир әйберләрен тасмалар белән киезгә бәйләп куярга, юрган белән простыняны кырыйларыннан төймәләп куярга мөмкинлекне күрсәтеп бирдем.

Аның бүлмәсенә баскыч керттеләр, ә барлык ашамлыкларны китап шкафына куя иделәр. Пайкрафтка теләгән чагында идәнгә төшү җаен да таптык, ул бик ансат юл түбәндәгедән гыйбарәт: китап шкафының югарыгы шүрлегенә „Британия энциклопедиясен“ тезеп куйдык. Юан Пайкрафт аның ике томын тартып чыгарды, аларны кулында тотып, идәнгә төште.

Мин аның квартирында ике көн уздырдым. Бораy белән чүкечтән файдаланып, Пайкрафт өчен төрледән-төрле җайланмалар ясадым, ул кыңгырауны шалтырата алсын өчен чыбык суздым.

Мин камин янында утырам, ә ул үзенең ябраткан почмагында, кәрниз янында асылынып тора һәм түшәмгә төрек паласы кадаклый иде, шул чакны минем башыма бер уй килде.

— Эй, Пайкрафт! — дип кычкырдым мин. — Боларның берсе дә кирәкми. Кием эченә кургашын астар гына куярга кирәк, шуннан менә дигән була!

Пайкрафт шатлыгыннан елап җибәрә язды.

— Табаклы кургашын сатып алыгыз да аны киемегез эченә тегеп куегыз, — дидем мин. — Кургашын табанлы итек киеп йөрегез, кулыгызга тоташ кургашыннан ясалган чемодан тотыгыз, шуның белән бөтен эш җайлана! Ул вакыт сез биредә әсир булып тормассыз, чит илләргә китеп сәяхәт итеп тә йөри алырсыз. Сезгә кораб һәлакәтеннән һичбер куркырга туры килмәс: берәр киемегезне яки барчасын салып ташласагыз, сез һәрвакыт һавада очып йөри аласыз".

Бер караганда болар барысы да физика законнарына туры килә кебек күренә. Ләкин, бу хикәянең кайбер урыннарына каршы килми калып булмый. Иң җитди каршылык шунда: юан кеше үз гәүдәсенең авырлыгын югалтса да түшәмгә күтәрелмәс иде!

Чынлап та, Пайкрафт өстендәге киемнәрнең һәм аның кесәләрендәге барлык әйберләрнең авырлыгы юан гәүдәсе кысып чыгарган һава авырлыгыннан кимрәк булса гына ул Архимед законы буенча түшәмгә „калкып" чыгар иде. Кеше гәүдәсе күләмендәге һаваның авырлыгын исәпләп табу читен түгел; безнең гәүдәбезнең авырлыгы шул ук күләмдәге су авырлыгына тигез дияргә була. Безнең авырлыгыбыз 60 килограмм, шундый ук күләмдәге суның да авырлыгы шул чама, ә гадәттәге һава суга караганда 770 тапкыр җиңелрәк; димәк, безнең гәүдәбез күләмендәге һаваның авырлыгы 80 г. Пайкрафт никадәр генә авыр булса да, 100 килограммнан артык булмагандыр, шулай булгач, ул кысрыклап чыгарган һаваның да авырлыгы 130 граммнан артык түгел. Пайкрафтның костюмы, аяк киеме, сәгате, бумажнигы һәм башка әйберләре 130 граммнан кимрәк булуы мөмкинме? Әлбәттә, аларның авырлыгы артыграк. Шулай булгач, ул юан кеше бүлмә идәнендә торырга тиеш: дөрес, аның торышы шактый тотрыксыз булыр, ә шулай да ул „бәйләп куелган һава шары кебек" түшәмгә күтәрелмәс. Шәрә тәнгә калганчы чи-

шенсә, Пайкрафт, чынлап та, түшәмгә күтәрелер иде. Ә киенгән килеш ул аркасына сикергеч шар бәйләп куйган кешегә охшый; мускулларының аз гына көчәнеше белән сикерсә дә ул җир өстеннән бик югары күтәрелеп китәр һәм, җилсез көн булса, салмак кына тагын кайтып төшәр иде[1].

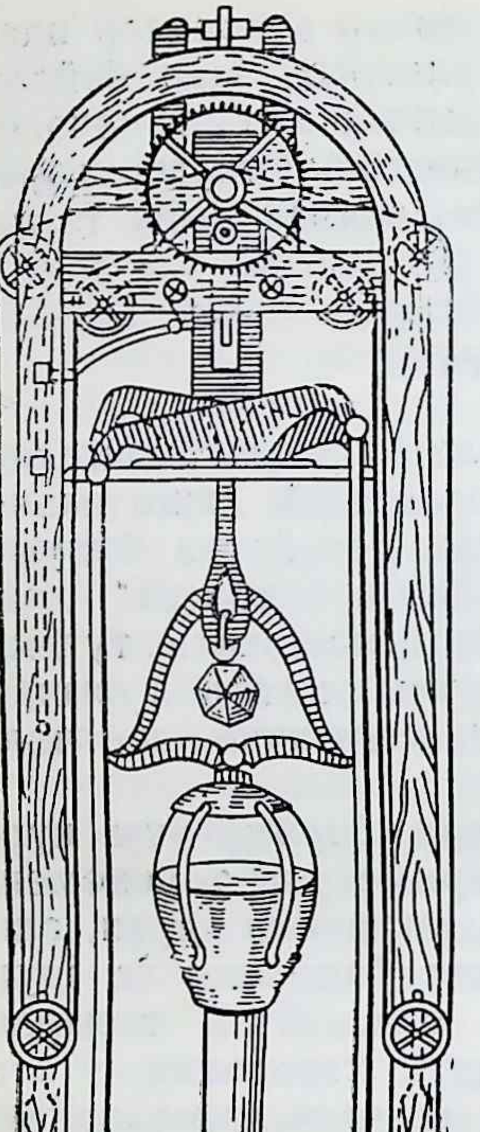
## „Мәңгелек“ сәгать

Бу китапта без берничә төрле уйланма „мәңгелек двигатель“ турында сөйләдек һәм андый двигательне уйлап табарга маташуның өметсез бер нәрсә булуын аңлаттык. Хәзер без „бушка хезмәт итә торган“ двигатель, ягъни безнең өчен һичбер мәшәкать тудырмыйча бик озак вакыт эшли алучы сәгать турында сөйләшик; бу сәгать үзенә кирәкле энергияне үзен чолгап алган тирәлектән туплап тора.

Сезнең терекөмешле яки металл барометрны күргәнегез бардыр. Терекөмешле барометрда терекөмеш баганасы, атмосфера басымының үзгәрүенә карап, әле күтәрелеп, әле төшеп тора; металл барометр да шул сәбәп аркасында ук чайкалып тора. XVIII гасырда бер уйлап табучы барометрның шул хәрәкәтен сәгать механизмын борып кую өчен файдаланган һәм үзеннән-үзе борыла торган сәгать ясаган; ул сәгать һичбер кеше бормыйча, туктаусыз йөреп торган. Танылган инглиз механигы һәм астрономы Фергюссон бу уйлап табылган механизмны күргән һәм аның турында болай дигән (1774 ел): „Үзенә бер төрле төзелгән барометр эчендәге терекөмешнең күтәрелүе һәм төшүе аркасында һич өзлексез хәрәкәт итеп тора торган әлеге сәгатьне күрдем; ул сәгать кайчан булса да тукталып калыр дип уйларга нигез юк, чөнки аңарда тупланган хәрәкәт көче барометрны бөтенләй читкә алып куйганда да сәгатьне бер ел йөртеп торырга җитәр иде. Ачыктан-ачык әйтергә кирәк, сәгать белән жентекләп танышу күрсәткәнчә, бу сәгать, кайчан да булса миңа очратырга туры килгән механизмнар арасында идеясе ягыннан да, ясалуы ягыннан да бик үткер акыл белән эшләнгән механизм“.

---

[1] Сикергеч шарлар турында тулырак мәгълүматны минем „Кызыклы механика“ исемле китабымның IV бүлегендә табып була.



77 нче рәсем. XVIII гасырда уйлап табылган „бушка хезмәт итә торган“ двигатель.

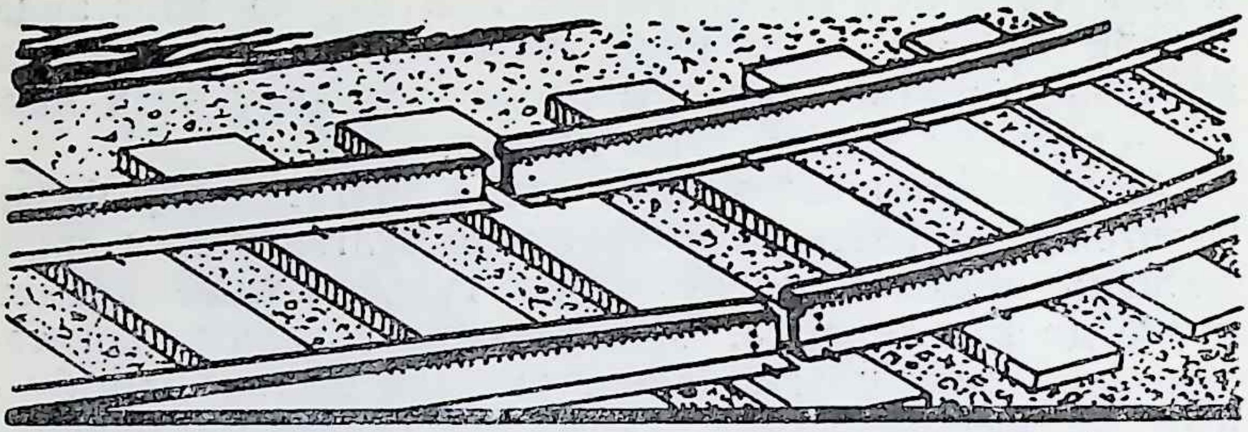
Кызганычка каршы, ул сәгать безнең заманга кадәр сакланмаган,—аны урлаганнар һәм аның кайдалыгы билгеле түгел. Шулай да сәгать конструкциясенең югарыда әйтелгән астроном ясаган сызымнары калган, димәк, аны яңадан ясарга мөмкинлек бар.

Бу сәгать детальләреннән берсе — терекөмешле зур барометр. Рамга элеп куелган пыяла савыт эчендә һәм ул савытка авызы белән түбән каратып куелган зур колба эчендә 150 *кг* чамасы терекөмеш бар. Ике савыт та берберсенә карата хәрәкәт итәрлек итеп беркетелгәннәр: атмосфера басымы артканда осталык белән ясалган рычаглар системасы ярдәмендә колба түбән төшә, ә савыт югары күтәрелә, басым кимегәндә — киресенчә. Һәр ике хәрәкәт бер кечкенә тәгәрмәчне һәрвакыт бер якка гына әйләнергә мәҗбүр итә. Атмосфера басымы һичбер үзгәрмәгән чакта гына тәгәрмәч хәрәкәтсез тора,— ләкин бу пауза вакытында сәгатьнең механизмы герләрнең элек җыеп калган энергияләре белән хәрәкәт итә. Герләр бер үк вакытта күтәрелерлек һәм төшкән вакытта механизмны хәрәкәткә китерерлек итеп ясау җиңел түгел. Шулай да борынгы сәгатьчеләр моны да башкара алырлык оста булганнар. Атмосфера үзгәрешенең энергиясе, хәтта кирәгеннән артыграк та булып чыккан,

ягъни герләрнең күтәрелүләре төшүләренә караганда тизрәк булган; шуңа күрә, герләр тиешле биеклеккә күтәрелеп җиткәч, аларны әледән-әле аеру өчен махсус җайланма ясарга туры килгән.

Мондый „бушка“ хезмәт итүче двигательләр белән „мәңгелек“ двигательләр арасында булган мөһим принципиаль аерманы аңлау читен түгел. Бушка хезмәт итүче двигательләрдә, мәңгелек двигатель уйлап табучылар хыялындагы кебек, энергия юктан бар булмый; ул читтән алына,— югарыда сөйләнгән очракта энергия тирәлектәге атмосферадан килә, ә атмосферага кояш нурлары энергиясе туплана. Әгәр бушка хезмәт итүче двигательләрнең конструкцияләре алардан алынган энергиягә караганда артык кыйммәткә төшмәсә (ә ул күп очракта шулай була), алар практик яктан чын „мәңгелек“ двигательләр кебек үк файдалы булырлар иде.

Без башка төрле типтагы бушка хезмәт итүче двигательләр белән дә танышырбыз һәм мондый механизмнарны промышленностьта куллану ни өчен күп очракта һичбер файдасыз булуын мисал белән күрсәтербез.



АЛТЫНЧЫ БҮЛЕК

# ҖЫЛЫЛЫК КҮРЕНЕШЛӘРЕ

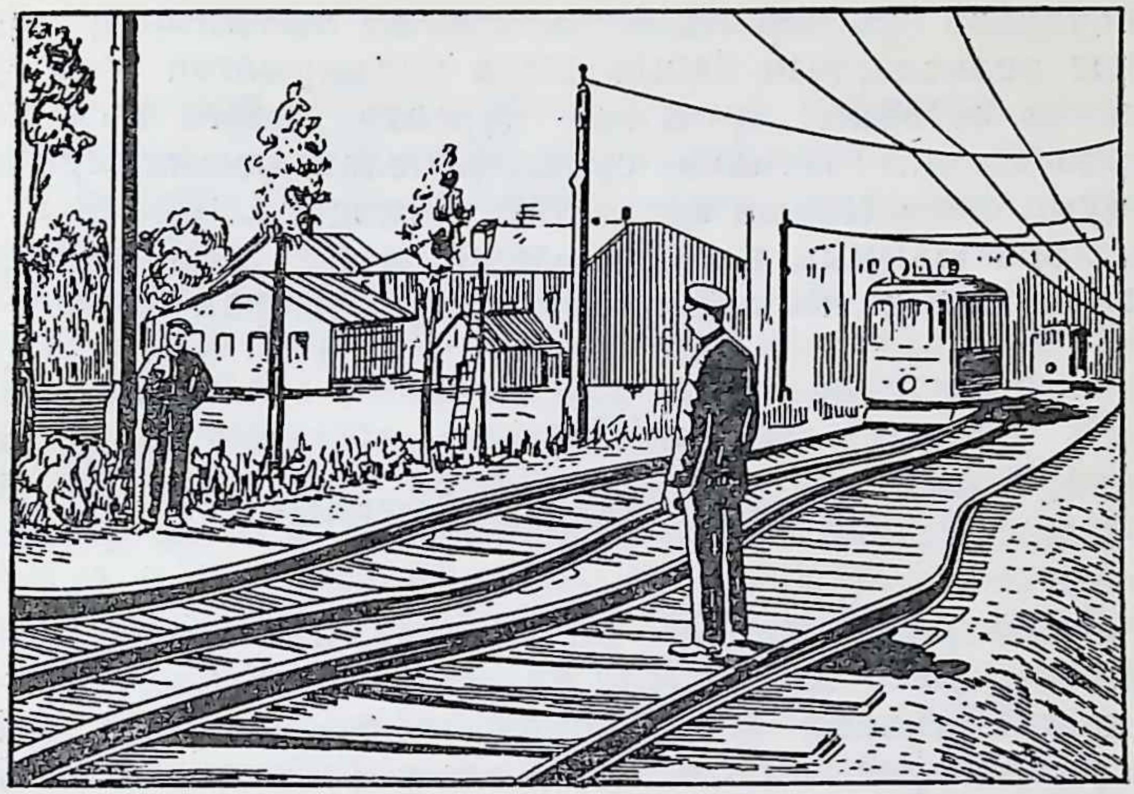
## Октябрь тимер юлы кайчан озынрак — җәенме, әллә кышынмы?

Октябрь тимер юлының озынлыгы күпме?— дигән сорауга берәү болай җавап биргән:

— Алты йөз кырык километр чамасы; җәен кыш көненә караганда өч йөз метрлап озынрак.

Бу көтелмәгән җавап башта гына мәгънәсез кебек күренә. Әгәр тимер юлның озынлыгы дип тоташ рельслы юлның озынлыгын атасак, ул чыннан да җәен кыш көнендәгегә караганда озынрак булырга тиеш. Шуны онытмыйк, җылыну аркасында рельслар озынаялар: Цельсий буенча һәр градуска аларның озынлыгы элекке озынлыкның 100 000 нән бер өлеше кадәр арта. Җәйге эссе көннәрдә рельсларның температурасы 30—40 градуска җитүе, хәтта аннан да югарырак булуы мөмкин. Кайчагында Кояш рельсны шундый кыздыра — ул кулны пешерә башлый. Кышкы суыкларда рельслар —25° һәм аннан да түбәнрәк температурага кадәр суыналар. Әгәр җәйге һәм кышкы температуралар аермасын уртача 55° дип алып, барлык юл озынлыгын[1] 0,00001 гә һәм 55 кә тапкырласак, $^1/_3$ *км* чамасы килеп чыга! Димәк, чыннан да Мәскәү белән Ленинград арасындагы рельслы юл җәй көне кыш көнендәгегә караганда

[1] 640 *км.*



78 нче рәсем. Бик нык җылыну аркасында трамвай рельсларының бөгелүе.

өчтән бер километрга, ягъни өч йөз метр чамасы озынрак була дигән сүз.

Билгеле инде, бирегә юл озынлыгы түгел, барлык рельслар озынлыгының суммасы гына үзгәрә. Болар икесе дә бер үк нәрсә түгел, чөнки тимер юлның рельслары бер-берсенә тыгыз орынып тормыйлар: җылынганда рельсларга иркен озынаю өчен, аларның башлары арасында берникадәр ярык калдыралар.[1] Без исәп-

---

[1] Рельсның озынлыгы 8 *м* була, 0° та әлеге аралыкның киңлеге 8 *мм* булырга тиеш. Бу аралык бөтенләй ябылып бетсен өчен, рельсның температурасы 65° ка кадәр күтәрелергә тиеш. Трамвай рельслары салганда, техник шартлар аркасында, рельслар арасында ярык калдырырга ярамый. Бу, гадәттә, рельсларның кәкрәюенә сәбәп булмый, чөнки алар җиргә батырып куелганлыктан температура үзгәреше артык зур түгел; аннан соң рельсларны беркетү ысулы да аларга янга кәкрәергә ирек бирми. Шулай да артык кызу вакытларда трамвай рельслары кәкрәяләр, фотографиядән күчереп алынган 78 нче рәсемдә бу хәл ачык күренә.

Тимер юл рельслары белән дә кайчакта шулай була. Эш менә нәрсәдә: авыш юлларда поезд рельсларны үзе белән ияртеп төшә (хәтта, кайчакта шпаллар да шуышалар), шуның нәтиҗәсендә рельсларның башлары арасында калдырылган ярыклар ул урыннарда бөтенләй юкка чыгалар һәм рельсларның башлары бер-беренә тыгыз орынып торалар.

ләп тапкан сан барлык рельсларның озынлыклар суммасы рельсларның башларында калдырылган буш аралыклар хисабына артканын күрсәтә; җәйге эссе көннәрдә кышкы чатнама суыклар белән чагыштырганда гомуми озынлыкның артуы 300 *м* га җитә. Шулай итеп, Октябрь юлының тимер өлеше җәен кыш көнендәгегә караганда чыннан да 300 метр озынрак икән.

## Җәзасыз калган караклык

Ленинград — Мәскәү линиясендә һәр кышны берничә йөз метр кыйммәтле телефон һәм телеграф чыбыклары һичбер эзсез юкка чыга,— аларның юкка чыгуына нәрсә гаепле икәне ачык билгеле булса да, аңа һичкем борчылып тормый.

Сез дә аны беләсез, әлбәттә, ул карак—суык. Рельслар турында без нәрсә сөйләгән булсак, ул чыбыкларга карата да дөрес, аерма бары шунда гына — җылытканда бакыр чыбык корычка караганда 1,5 тапкыр күбрәк озыная. Ләкин биредә бер дә буш аралыклар юк,— шуңа күрә дә без һичбер искәрмәсез, Ленинград—Мәскәү телефон линиясе кышын җәй көненә караганда 500 метрлап кыскарак дип әйтә алабыз. Суык һәр кышны ярты километр диярлек бакыр чыбыкны урлый, хәер ул телефон яки телеграф эшенә һичбер зыян китерми һәм, җылы вакытлар килү белән, урланган чыбыкны шул килеш кире кайтара.

Әгәр суыклык аркасында чыбыклар түгел, күпер кысылып кечерәйсә, аның нәтиҗәсе шактый сизелерлек була. 1927 елның декабренда шундый хәл турында түбәндәге хәбәр булды:

„Франциядә берничә көнгә сузылган гадәттән тыш суыклар Париж шәһәренең үзәгендәге Сена аша салынган күпернең җитди ватылуына сәбәп булды. Күпернең тимер каркасы суыклыктан кысылды, шуның аркасында аның өстенә тезелгән шакмаклар кабарып чыктылар һәм ярылгаладылар. Күпер аша ат һәм машина белән чыгу вакытлыча туктатылды.

## Эйфель манарасының биеклеге

Әгәр бездән Эйфель манарасының биеклеге күпме дип сорасалар,— „300 метр“ дип җавап бирүдән элек сез:

— Кайчан — суык көннеме, әллә эсседәме? — дип сорар идегез.

Андый биек тимер манараның биеклеге теләсә нинди температурада бертигез булуы мөмкин түгел бит. 300 метр озынлыктагы тимер чыбыкның бер градуска җылынганда 3 миллиметрга озынайганын без беләбез. Бер градуска җылынган Эйфель манарасы да, чама белән, шулкадәр озыная. Эссе кояшлы көнне манара тимере Парижда $+40$ градуска кадәр җылынырга, ә яңгырлы салкын көнне аның температурасы $+10$ градус булырга, кышын исә $0^\circ$ һәм $-10^\circ$ ка кадәр төшәргә мөмкин (моннан түбәнрәк температура Парижда сирәк була). Күрәсез, температура үзгәреше 40 градус һәм аннан да артыграк була. Димәк, Эйфель манарасының биеклеге $3\times40=120$ *мм*, яки 12 с*м* га (бу китап юлыннан артыграк) үзгәрергә мөмкин.

Турыдан-туры үлчәүләр нәтиҗәсендә, Эйфель манарасының температура үзгәрешләренә сизгерлеге һавага караганда да артыграк икәне беленде: ул тизрәк суына, тизрәк җылына һәм болытлы көнне кинәт килеп чыккан кояш тәэсирен һавага караганда алданрак сизә. Эйфель манарасы биеклегенең үзгәрешен никельле корычтан эшләнгән махсус чыбык ярдәмендә үлчәп белделәр, ул чыбык температура үзгәрешләреннән һичбер диярлек тәэсирләнми. Бу искиткеч эретмә „инвар“ дип атала (инвар — латин сүзе, „үзгәрешсез“ дигән мәгънәдә).

Шулай итеп, Эйфель манарасының түбәсе эссе көндә суык көндәгегә караганда шушы китап юлы озынлыгына кадәр югары күтәрелә; хәер, арткан тимер бер тиен дә тормый.

## Чәй стаканы һәм су үлчәгеч көпшә

Стаканнарга чәй ясый башлаганчы, тәҗрибәле хатын-кыз аларны шартлаудан саклау өчен, балкашык (иң яхшысы — көмеш кашык) батырып куя. Тормыш тәҗрибәсе бик дөрес юл өйрәткән. Ул нәрсәгә нигезләнгән соң?

Иң элек, кайнар су салганда стаканнарның нилектән шартлавын белик.

Аның сәбәбе — пыяланың тигез киңәймәвендә. Стаканга салынган кайнар су аның стеналарын бер үк вакытта җылыта алмый: башта аның эчке катлавы җылына, ә тышкы катлавы җылынып өлгермәгән була. Җылынган эчке катлау шунда ук киңәя, ә тышкы катлау киңәйми тора, димәк, эчке катлау аны бик нык этә. Тышкы катлау ярыла — стакан шартлый.

Әгәр калын стеналы стаканнар алсак, бу „сюрпризлардан" котылырбыз дип уйламагыз тагын. Бу яктан караганда калын стаканнар иң түземсезләре булалар һәм юка стаканнарга караганда ешрак шартлыйлар. Моның сәбәбе ачык: юка стакан берьюлы җылына, аның барлык катлауларында да температура бик тиз тигезләшә һәм алар бертигез киңәяләр, ә калын стаканның катлауларына җылылык озаграк үтә, ул тигез җылынмый.

Юка стеналы пыяла савыт сайлаганда бер нәрсәне онытырга ярамый: аның стеналары гына түгел, төбе дә юка булырга тиеш. Кайнар су салганда иң элек стаканның төбе җылына; әгәр ул калын икән, стеналары нинди генә юка булса да, стакан шартлый; түбән якларында боҗрасыман калын сыры булган стаканнар һәм фарфор чынаяклар да бик тиз ярылалар.

Савыт никадәр юка булса, аның җылынудан шартлау куркынычы шулкадәр азрак була. Химиклар бик юка савытлардан файдаланалар һәм шартлау турында һичбер борчылмыйча, аларны ут өстенә куеп су кайнаталар.

Җылытканда һичбер киңәйми торган савыт, әлбәттә, идеаль савыт булыр иде. К в а р ц гадәттән тыш аз киңәя — аның киңәюе пыялага караганда 15—20 тапкыр азрак. Кварцтан ясалган калын стеналы савытны теләсә ничек җылытырга мөмкин, — ул ярылмый. Кыпкызыл булып кызган кварц савытны, шартлар дип һич курыкмыйча, бозлы суга салырга мөмкин[1]. Кварцның җылы үткәрүчәнлеге пыяланыкыннан шактый артыграк

---

[1] Кварц савытларның лабораторияләрдә куллану өчен тагын бер өстенлеге бар: ул бик югары температурада гына эри һәм 1700° та гына йомшара башлый.

булуы да аннан ясалган савытның чыдамлы булуына ярдәм итә.

Стаканнар тиз җылытканда гына түгел, кинәт суытканда да шартлыйлар. Моның сәбәбе — суытканда стаканның төрле катлауларының тигез кысылмавында: стаканның тышкы катлавы суынгач кысыла һәм суынып өлгермәгән, тараймаган эчке катлауны бик нык кыса. Шуңа күрә, мәсәлән, кайнар варенье салынган пыяла банканы бик суыкка чыгарып куярга, салкын суга батырырга ярамый һ. б.

Стакан эченә батырылган балкашыгы мәсьәләсенә килик. Нәрсә аркасында ул стаканны шартлаудан саклый ала икән?

Стакан стенасының тышкы һәм эчке катлауларының җылынуындагы зур аерма стаканга бик кайнар суны кинәт салганда гына була: җылымса су салганда җылынуда һәм пыяланың төрле өлешләре киңәюдә андый зур аерма булмый. Җылымса судан стакан шартламый. Стакан эченә балкашык батырып куелган булса, нинди хәл була соң? Стакан төбенә төшкән кайнар су, пыяланы җылытып өлгергәнче (ул җылылыкны начар үткәрә бит), үзенең берникадәр җылысын җылылыкны яхшы үткәрүче әйбергә — металлга биреп өлгерә; сыеклыкның температурасы төшә; ул хәзер кайнар түгел, җылымса суга әйләнә һәм зарарсыз диярлек була. Аннан соңгы салынган кайнар су стакан өчен ул кадәр куркыныч булмый, чөнки ул инде бераз җылынып өлгерә.

Кыскасы, стаканга батырылган металл кашык, бигрәк тә ул авыр булса, стаканның тигез җылынуына ярдәм итә һәм шуның белән аны шартлаудан саклап кала.

Ләкин ни өчен көмеш кашык тагын да яхшырак? Чөнки көмеш җылылыкны бик яхшы үткәрә, суның җылылыгын ул тутыкмый торган корычка караганда тизрәк ала. Кайнар чәйгә батырылган көмеш кашыкның кулны пешерүен исегезгә төшерегез! Әнә шул ягына карап, кашыкның көмешме-түгелме икәнен бик ачык белергә мөмкин: корыч кашык бармакны пешерми.

Пыяланың тигез җылынмавы чәй стаканын гына түгел, пар казанының җаваплы өлешен — казандагы су биеклеген күрсәтә торган үлчәгеч көпшәне дә шарт-

латуы мөмкин. Ул пыяла көпшәнең эчке катлавы эссе пар һәм су белән җылынып, тышкы катлауга караганда күбрәк киңәя. Бу сәбәп аркасында туган киеренкелек өстенә көпшә эчендәге пар һәм су басымы да кушыла, шунлыктан көпшә бик җиңел шартларга мөмкин. Моннан котылу өчен кайчакта су үлчәгеч көпшәне төрле сорт пыяладан ике катлаулы итеп ясыйлар, эчке катлауның киңәю коэффициенты тышкысыныкыннан кимрәк була (Шотт көпшәсе).

## Мунчадагы күн итек турында экият

„Нилектән кышын көннәр кыска, төннәр озын, ә җәен киресенчә? Көн шунлыктан кыска — күзгә күренгән һәм күренмәгән һәммә әйберләр кебек, ул суыкта кысыла, төн исә шәмнәр, лампалар, фонарьлар яндырудан киңәя, нигә дисәң — җылына".

Чехов хикәясендәге „Дон гаскәреннән отставкага чыккан урядникның" бу әкәмәт фикерләре мәгънәсезлегеннән сез елмаеп җибәрәсез. Шулай да мондый „галимнәрнең" фикерләреннән көлгән кешеләр, еш кына, үзләре дә шундый ук төпсез теорияләр тудыралар. „Аяк җылынып, күләме зурайганлыктан" мунчада җылы аякка сыймый торган итек турында ишеткәнегез, хәтта укыганыгыз да бардыр. Җылынудан киңәю турындагы бу данлыклы мисал классиклык дәрәҗәсенә җитә язды, — ә хәлбуки аны бөтенләй ялгыш аңлаталар.

Иң элек шуны әйтергә кирәк: мунчада кеше тәненең температурасы күтәрелми диярлек[1]. Кеше организмы әйләнә-тирәнең җылылык тәэсире белән уңышлы көрәшә ала һәм үзенең температурасын билгеле бер ноктада тота.

Безнең гәүдәбез 1—2 градуска җылынганда аның күләме шулкадәр аз арта ки, итек кигәндә аны һич сизеп булмый. Кеше гәүдәсенең каты һәм йомшак өлешләренең киңәю коэффициенты сантиметрның ун меңнән берничә өлешеннән артык түгел. Димәк, аяк табанының киңлеге һәм балтырның юанлыгы сантиметрның йөздән бер өлеше кадәр генә артырга мөм-

---

[1] Мунчада кеше тәненең температурасы 1° ка, күп дигәндә (ләүкәдә) 2° ка күтәрелә.

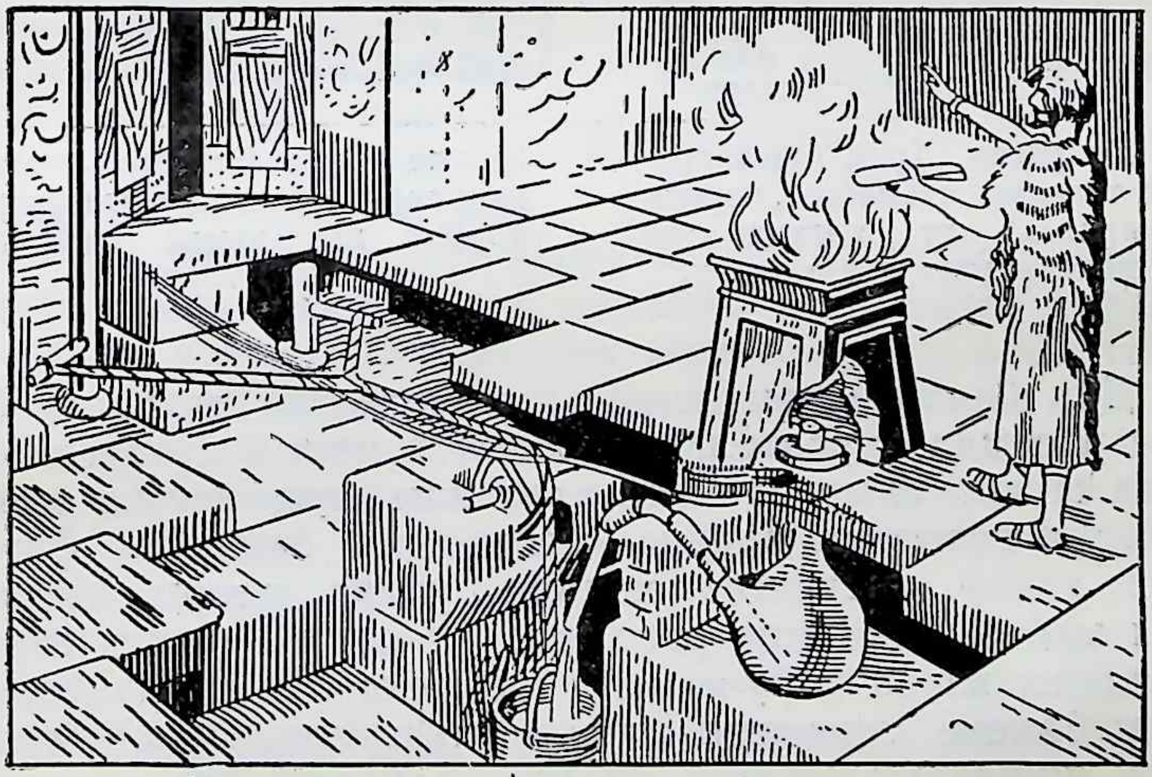
кин. Итекнең зурлыгын 0,01 *см* га кадәр (чәч юанлыгы кадәр) төгәл итеп тегәләрме соң инде.

Ләкин факт, әлбәттә, дөрес: мунчадан соң итекне кию читен. Әмма аның сәбәбе җылылыктан киңәюдә түгел, тамырларга кан йөгереп, тәннең өске катлавының бүртүендә, аякның юеш булуында һәм җылылыктан киңәюгә һичбер бәйләнеше булмаган башка нәрсәләрдә.

## Могҗизаларны ничек ясыйлар?

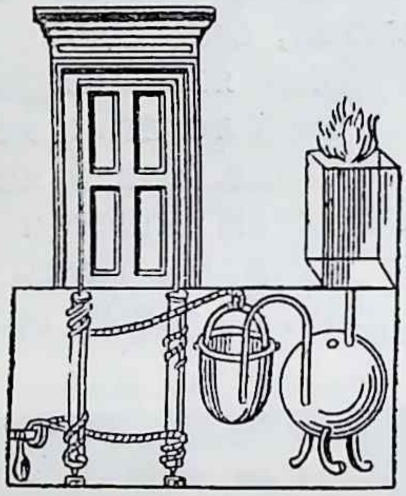
Борынгы грек механигы, үз исеме белән аталган фонтанны уйлап табучы — Искәндәрияле Герон мисыр дин башлыклары тарафыннан халыкны алдап могҗизага ышандыру өчен файдаланылган, бик хәйләле эшләнгән ике төрле механизм турында язып калдырган.

79 нчы рәсемдә корбан-сәдака өчен ясалган эче буш металл савыт күрәсез, ә аның астында, базда яшерелгән механизм тора, ул механизм храм ишеген хәрәкәткә китерә. „Корбан савыты“ храмның тышына урнаштырылган. Ут кабызып җибәргәч, бу савыт эчендәге

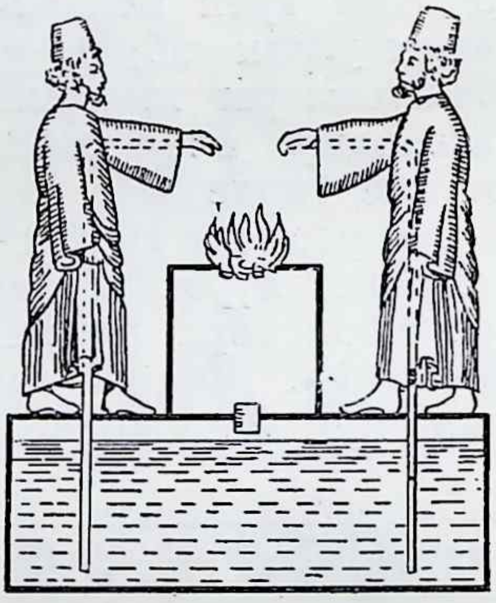


79 нчы рәсем. Мисыр дин башлыклары күрсәткән „могҗиза“ның серен фаш итү: храмның ишекләре „корбан савытындагы“ ут тәэсире белән ачылалар.

һава җылына һәм идән астына яшерелгән савыттагы суга ныграк басым ясый, шуның аркасында су кысылала чиләккә агып чыга, чиләк исә авыраеп түбән төшә һәм ишекне ачучы механизмны хәрәкәткә китерә (80 нче рәсем). Идән астына яшерелгән механизмның барлыгын сизмәгән тамашачылар үз күзләре белән „могҗиза" күреп таңга калалар: савытта ялкын күтәрелгәч тә храмның ишекләре, „дин башлыгының догаларын тыңлагандай" булып, гүя үзләреннән-үзләре ачылалар...



80 нче рәсем. Храм ишекләренең төзелеш схемасы; „корбан савытында" ут янганда ул ишекләр үзләре ачылалар.



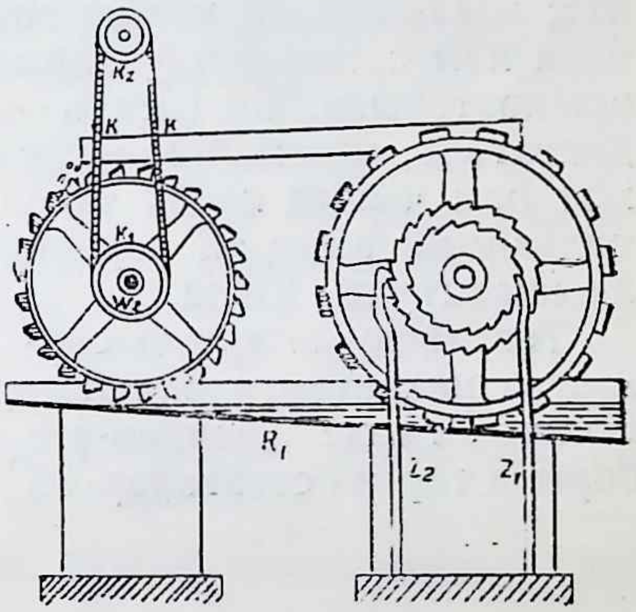
81 нче рәсем. Борынгы заманның тагы бер ялган могҗизасы: корбан итү утына май үзе агып тора.

Дин башлыклары ясаган икенче ялган могҗиза 81 нче рәсемдә күрсәтелгән. Савытта ялкын күтәрелгәч, һава киңәя, аның басымы арта һәм шул басым көче түбәнге савыттан майны кысып, дин башлыгы фигурасы эченә яшерелгән көпшә буйлап югары күтәрә һәм май „могҗизалы рәвештә" ут өстенә тамып тора. Савытны карап торучы дин башлыгы савыт капкачындагы бөкене сиздерми генә тартып алгач, май агып чыгу шунда ук туктала (чөнки кысылган һава тишектән чыгып китә); гыйбадәт кылучылар сәдаканы аз биргәндә дин башлыклары шулай эшли торган булганнар.

## Үзеннән-үзе борыла торган сәгать

Бормыйча да йөри торган, атмосфера басымы үзгәрешләренә нигезләп төзелгән сәгать турында сөйләгән идек инде (115 нче бит). Хәзер без төзелеше әйберләрнең җылынудан киңәюенә нигезләнгән шундый сәгать турында сөйлибез.

Ул сәгатьнең механизмы 82 нче рәсемдә күрсәтелгән. Аның иң мөһим өлеше махсус металл эретмәсеннән ясалган $Z_1$ һәм $Z_2$ таяклары. Аларның җылылыктан киңәю коэффициентлары аеруча зур. $Z_1$ таягы аскы яктан $X$ тешле тәгәрмәченең тешләренә терәлгән һәм ул $Z_1$ җылынып озынайган вакытта тешле тәгәрмәчне этеп, бераз борып куя. $Z_2$ таягы суыктан кыскарган вакытта $У$ тәгәрмәчен дә шул ук якка таба бора. Ике тәгәрмәч тә $W_1$ валына утыртылган. Бу вал исә әйләнәсенә соскычлар беркетелгән зур тәгәрмәчне әйләндерә. Соскычлар аскы улактагы терекөмешне чумырып алалар да югарыгы улакка алып менәләр; бу улактан терекөмеш сул яктагы тәгәрмәчнең соскычларына агып төшә һәм ул тәгәрмәчне әйләндерә. Шул вакыт $K_1$ һәм $K_2$ тәгәрмәчләре аша уздырылган $KK$ чылбыры хәрәкәткә килә ($K_1$ тәгәрмәче белән соскычлы зур тәгәрмәч икесе дә $W_2$ валына утыртылган); $K_2$ тәгәрмәче сәгатьнең пружинасын бора.




82 нче рәсем. Үзеннән-үзе борыла торган сәгать. (Тешле тәгәрмәчләрнең кечесе — $X$, зурысы — $У$).

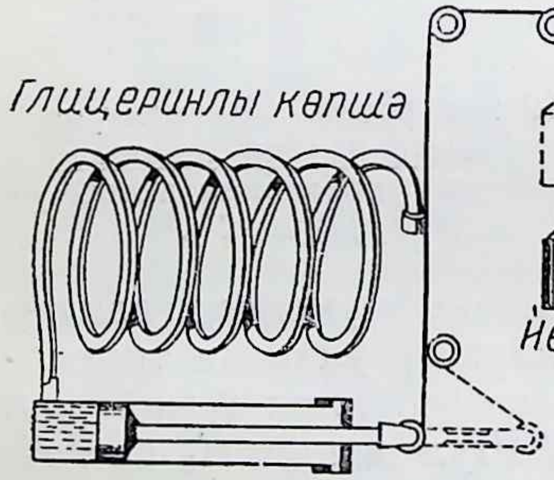
Сул як тәгәрмәчнең соскычларыннан агып төшкән терекөмеш кая китә соң? Ул $R_1$ авыш улагы буйлап тагын уң як тәгәрмәч янына килә һәм тагын ул тәгәрмәчнең соскычлары белән югары күтәрелә.

Күрәсез, $Z_1$ һәм $Z_2$ таяклары озынаеп яки кыскарып торган вакытта бу механизм һич туктаусыз хәрәкәт итәргә тиеш. Димәк, сәгатьнең пружинасын бору өчен

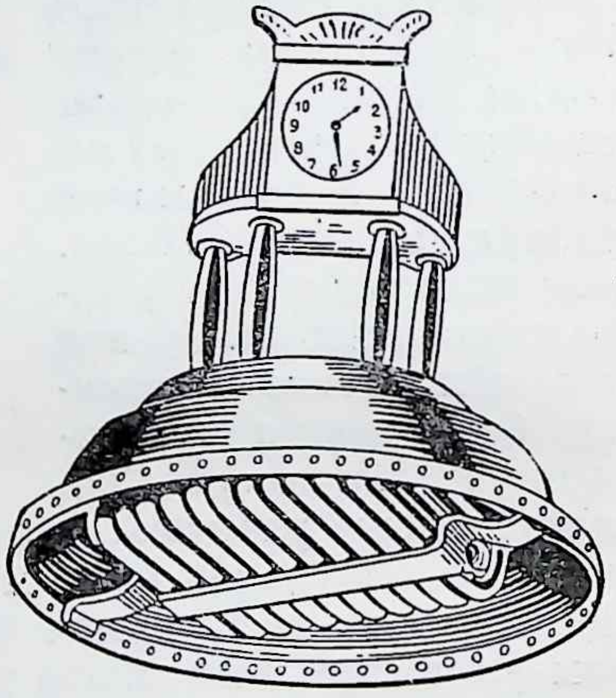
һаваның температурасы әле күтәрелеп, әле төшеп тору гына кирәк. Температура исә үзеннән-үзе үзгәреп тора, аның өчен безнең хезмәтебез кирәкми. Һавадагы һәрбер температура үзгәреше таякларны я озынайта, яки кыскарта һәм шуның аркасында сәгать пружинасы акрын гына булса да һичтуктаусыз борылып тора.

Бу сәгатьне „мәңгелек“ двигатель дип атарга мөмкинме? Юк, әлбәттә. Механизм тузып беткәнче, сәгать бик озак вакыт йөрер; ләкин аның энергия чыганагы булып тирә-юньдәге һаваның җылылыгы хезмәт итә; җылылыктан киңәю энергиясе азлап-азлап җыела бара һәм сәгатьнең укларын өзлексез хәрәкәт иттерү эшенә тотыла. Бу сәгать — „бушка“ хезмәт итә торган двигатель, чөнки аны эшләтү өчен бездән һичбер хезмәт һәм чыгым кирәк түгел. Ләкин ул юктан энергия тудырмый: аның иң беренче энергия чыганагы — Җирне җылытучы Кояш.

Төзелеше югарыда сөйләнгән механизмга охшаган икенче төрле үзеннән-үзе борыла торган сәгатьләр 83




83 нче рәсем. Үзеннән-үзе борыла торган сәгатьнең төзелү схемасы.



84 нче рәсем. Үзеннән-үзе борыла торган сәгать; сәгатьнең цоколе астына гөлсиринле көпшә куелган.

һәм 84 нче рәсемнәрдә күрсәтелгән. Аларның иң мөһим өлеше — гөлсирин; һава температурасы күтәрелгәндә гөлсирин киңәя, һәм билгеле бер авырлыктагы йөкне югары күтәрә, ә ул йөк түбән төшкәндә сәгатьнең механизмын хәрәкәткә китерә. Гөлсирин — 30° та гына ката, +290° та кайный; шунлыктан бу сәгатьтән

шәһәр мәйданнарында һәм башка ачык урыннарда файдаланырга мөмкин. Температураның 2° ка гына үзгәреше дә сәгатьне һичтуктаусыз йөртә ала. Ул сәгатьләрнең берсен бер ел буена сынап караганнар, шул вакыт эчендә аңа һичбер кеше кулы тимәсә дә, аның йөреше тулысынча канәгатьләнерлек булган.

Шул ук принцип буенча зуррак двигательләр ясауның файдасы булырмы? Беренче карауда андый бушка хезмәт итүче двигатель бик экономияле булырга тиеш кебек күренә. Ләкин исәпләү бөтенләй башка төрле нәтиҗә бирә. Гади сәгатьне бер тәүлеккә борып кую өчен килограммометрның җидедән бер өлеше җитә. Бу исә бер секунд эчендә кирәк булган энергия чама белән килограммометрның 600 меңнән бер өлеше дигән сүз. Бер ат егәрлеге секундка 75 килограммометрга тигез; димәк, бер сәгать механизмының егәрлеге ат егәрлегенең 45 миллионнан бер өлешенә генә тигез була. Югарыда сөйләнгән беренче сәгатьнең җылынганда озынаючы таяклары яки икенче сәгатьнең җайланмалары бер генә тиен тора дип исәпләсәк тә, андый двигательнең бер ат егәрлеге

$$1 \text{ тиен} \times 45\,000\,000 = 450\,000 \text{ сумга төшә.}$$

Бер ат егәрлеге — ярты миллион сум диярлек тора; „бушка“ хезмәт итә торган двигатель өчен кыйммәтрәк шул.

## Гыйбрәтле папирос

Тәмәке савытында папирос ята (85 нче рәсем). Аның баш-башларыннан төтен чыгып тора. Ләкин папиросның көпшәсеннән чыккан төтен түбән таба төшә, ә тәмәкеле ягыннан чыкканы югары күтәрелә. Ни өчен? Аның ике башыннан да бер төрле төтен чыга бит.

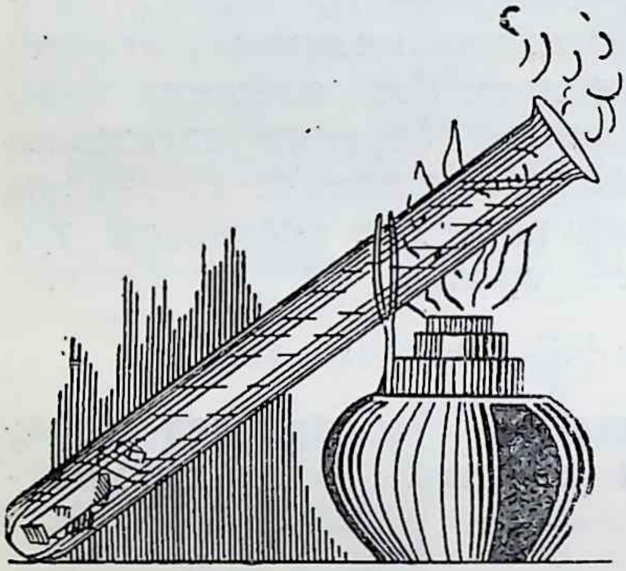
85 нче рәсем. Ни өчен папиросның бер башыннан төтен югары күтәрелә, икенче башыннан түбән төшә?

Әйе, папиросның ике башыннан чыккан төтен дә бер үк. Ләкин аның яна торган башында җылынган һава югары күтәрелә һәм төтен кисәкчекләрен дә үзе белән алып

менә. Көпшә башыннан төтен белән бергә чыга торган һава исә суынып өлгерә һәм инде югарыга омтылмый; ә төтен кисәкчекләре һавадан авыррак булганлыктан түбән төшәләр.

## Кайнап торган суда эремәүче боз

Бер пробиркага су салыгыз һәм шунда боз кисәге батырыгыз. Боз судан җиңелрәк, шуңа күрә ул өскә калкып чыкмасын өчен, аны кургашын, бакыр һ. б. шундый авыр әйбер белән бастырып куегыз, ләкин су боз янына кирәрлек булсын. Шуннан соң пробирканың югарыгы башын гына спирт лампасының ялкынына кертеп тотыгыз (86 нчы рәсем). Су тиз арада парлар чыгарып кайный башлар. Ләкин гаҗәп хәл: пробирка төбендәге боз эреми! Без кечкенә генә бер фокус күргәндәй булабыз: кайнап тора торган суда боз эреми...



86 нчы рәсем. Пробирканың югарыгы ягында су кайный, түбәндәге боз исә эреми.

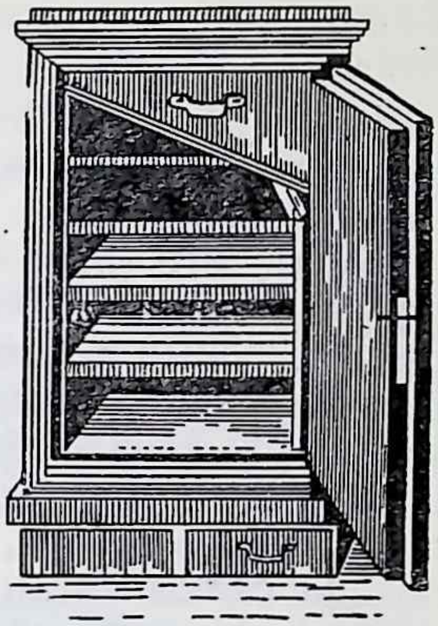
Хикмәт менә нәрсәдә — пробирканың төбендә су кайнамый, ул суык килеш тора; су өстә генә кайный. Биредә боз кайнап торучы су эчендә түгел, аның астында тора. Җылынып киңәйгән су җиңеләя һәм шунлыктан төпкә төшми, пробирканың югары ягында кала бирә. Җылынган су катлауларының күчеп урын алыштырулары пробирканың югарыгы өлешендә генә була, түбәнге тыгызрак катлауларга күчми. Түбәнге катлауларның җылы үткәрүчәнлек аркасында гына җылынулары мөмкин, ләкин суның җылы үткәрүчелеге бик начар.

## Бозның өстенәме, әллә астынамы?

Суны җылытырга теләсәк, без сулы савытны ялкын янына түгел, ялкынның өстенә куябыз. Ул шулай кирәк тә, чөнки ялкын белән җылынган һава җиңеләя

һәм савытның һәр ягыннан аның стенасы буйлап югары күтәрелә. Димәк, җылытыла торган әйберне ялкын өстенә куеп, без җылылык чишмәсеннән күбрәк файдаланабыз.

Әгәр, киресенчә, безгә берәр әйберне боз белән суытырга туры килсә, нишләргә кирәк? Күп кеше, гадәт буенча, әйберне бозның өстенә, мәсәлән, сөтле кувшинны бозга куя. Бу бик үк файдалы түгел: чөнки боз өстендәге һава суынып түбән төшә һәм аның урынына тирәяктан җылырак һава килә. Моннан практик нәтиҗә чыга: әгәр сез берәр эчемлекне яки ашамлыкны суытырга теләсәгез, аны боз өстенә түгел, астына куегыз.



87 нче рәсем. Бүлмәдә тора торган суыткычның эчке күренеше; боз куела торган шудырмалы тартма шкафның югарыгы ягына урнаштырылган.

Тулырак итеп аңлатыйк. Әгәр сулы савытны боз өстенә куйсак, суның иң аскы катлавы гына суына, аның калган өлешен җылы һава урап алган була. Әгәр савытның капкачы өстенә бер кисәк боз куйсак, ул тизрәк суынып. Сыеклыкның югарыгы катлавы суынгач, түбән төшәр, аның урынына астан җылырак сыеклык күтәрелер һәм савыттагы сыеклык шулай суынып бетәр[1]. Аннан соң боз тирәсендәге суынган һава түбән төшә һәм савытны урап ала[2]. Шуңа күрә бүлмәдә тора торган суыткычларда бозны аның түбән ягына түгел, һәрвакыт югарыгы ягына, түбәсенә якын урынга куялар (87 нче рәсем).

---

[1] Болай иткәндә чиста су 0° ка кадәр түгел, 4° ка кадәр генә суына, чөнки аның иң зур тыгызлыгы шул температурада була. Ә тормышта эчемлекләрне нульгә кадәр суытуның кирәге дә юк дияргә мөмкин.

[2] Шуңа күрә, сыеклык мөлдерәмә итеп салынган булса гына суына дигән фикер ялгыш.

## Ябык тәрәзәдән ни өчен җил өрә?

Һичбер ярык калдырмыйча, бик тыгыз ябылган тәрәзәдән дә җил өргәли. Бу сәер тоела, әмма моның һичбер гаҗәбе юк.

Бүлмәдәге һава бер вакытта да диярлек тыныч тормый. Анда җылыну һәм суыну аркасында туган, күзгә күренми торган һава агымнары була. Җылынган һава сирәкләнә һәм, димәк, җиңеләеп китә, ә суыну белән ул тыгызлана, авырая. Лампа яки эссе мич янында җылынган җиңел һаваны салкын һава кысрыклап түшәмгә күтәрә, ә тәрәзәләр һәм салкын стеналар янында салкынайган һава идәнгә төшә.

Бүлмәдә шундый һава агымнары барлыгын балалар уйный торган һава шары ярдәмендә белергә мөмкин. Түшәмгә күтәрелеп терәлеп тормасын һәм һавада иркен очып йөрсен өчен аңа җиңел генә йөк тагалар. Ул шарны ягылган мич яныннан ычкындырып җибәрсәң, күзгә күренми торган һава агымнары аны бер урыннан икенче урынга күчереп йөртәләр: мич яныннан ул түшәмгә менә, түшәм буйлап тәрәзә янына килеп идәнгә төшә һәм яңадан мич янына килә,—шулай бүлмә буйлап әйләнеп йөри.

Менә шуңа күрә дә кыш көне тәрәзә ярыклардан тышкы һава кермәслек итеп бик тыгыз ябылган булуга да карамастан, без аннан, бигрәк тә идән тирәсендә, салкынча җил өргәнне сизәбез.

## Серле әйләнчек

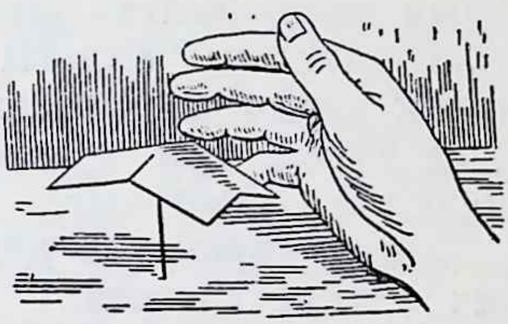
Юка папирос кәгазеннән кечкенә генә туры почмаклык кисеп алыгыз. Урта сызыкларын туры китереп аны берничә кат бөкләгез, аннан соң тагын җәегез: сез хәзер бу фигураның авырлык үзәген беләсез инде. Инде шул кәгазьне авырлык үзәге ноктасына туры китереп, нечкә инә очына куегыз.

Кәгазь тигезләнеш хәлендә торыр, чөнки ул үзенең авырлык үзәге белән таянган. Ләкин аз гына өрсәң дә, ул әйләнә башлый.

Хәзергә әле бу кечкенә приборда һичбер төрле сер күрмибез. Сез кулыгызны 88 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә, аңа якын китерегез; һава агымнары белән кәгазь очып төшмәсен өчен, кулыгызны әкрен генә

якынайтыгыз. Сез шунда гаҗәп хәл күрерсез: кәгазь башта акрын гына әйләнеп китәр, тора-бара ул тизрәк әйләнергә тотыныр. Кулыгызны читкә алу белән ул әйләнүдән тукталыр. Якынайтсагыз тагын әйләнә башлар.

Узган гасырның җитмешенче елларында бу серле әйләнеш күп кешедә, безнең тәнебезнең табигатьтән тыш үзлеге бар, дигән уй тудырган. Гайре табигый нәрсәләрне сөючеләр бу тәҗрибә белән кешенең тәнендә табигатьтән тыш көч барлыгын исбат итәргә тырыштылар. Хәлбуки аның сәбәбе бик табигый һәм бик гади: сезнен кулыгыз янында һава җылына да югары күтәрелә һәм кәгазьне астан этеп әйләндерә; аның әйләнүе спираль рәвешендә киселгән кәгазь „елан“ның лампа өстендә әйләнүенә охшый, чөнки кәгазьне бөгү белән сез аның почмакларына кечкенә генә авышлык ясадыгыз.



88 нче рәсем. Кәгазь ни сәбәпле әйләнә?

Дикъкать белән күзәтеп торсагыз, югарыда сөйләнгән әйләнчекнең билгеле бер якка — беләзектән бармак очларына таба әйләнгәнен күрерсез. Моны кулның ул өлешләрендә температура төрлечә булу белән аңлатырга мөмкин: бармак очлары уч төбенә караганда һәрвакыт салкынрак; шуңа күрә уч төбенә якынрак урында югары күтәрелә торган һава агымы көчлерәк була һәм ул агым бармаклар янында туган һава агымына караганда кәгазьгә көчлерәк бәрә[1].

## Тун җылытамы?

Әгәр сезне, тун һичбер җылытмый дип ышандыра башласалар, сез ни әйтер идегез? Билгеле инде, сезне шаярталар дип уйлар идегез. Әгәр сезгә аның

---

[1] Бизгәк белән авырганда һәм гомумән температура күтәрелгән вакытларда кәгазьнең тагын да тизрәк әйләнүен күрергә мөмкин. Кайчандыр күп кешене гаҗәпләндергән бу кечкенә приборга бервакыт физик-физиологик тикшерү эше дә багышланган һәм ул турыда Мәскәү медицина җәмгыятендә 1876 елда доклад ясалган иде. (Н. П. Нечаев. Кул җылысының тәэсире белән җиңел әйберләрнең әйләнүе.)

чынлап та шулай икәнен тәҗрибәләр белән исбат итә башласалар? Мәсәлән, берничә тәҗрибә ясап карагыз.

Термометрның ничә градус күрсәтүен карагыз һәм аны тун белән төреп куегыз да берничә сәгатьтән соң алыгыз. Сез аның чирек градуска да җылынмаганына ышанырсыз: элек ул ничә градус күрсәткән булса, хәзер дә нәкъ шуны күрсәтер. Тунның җылытмавы әнә шулай исбат ителә. Хәтта тун суытмыймы икән дип тә уйларга мөмкин әле. Эченә боз салынган ике шешә алыгыз, аларның берсен тун белән төреп куегыз, икенчесен төрмичә генә бүлмәдә калдырыгыз. Ачык калдырылган шешәдәге боз эреп беткәч, тунны ачып карагыз: андагы бозны эри дә башламаган диярлек хәлдә күрерсез. Димәк, тун бозны җылытмау гына түгел, аны суыткан, аның эрүен акрынайткан шикелле булып чыга.

Моңа каршы ни дип әйтмәк кирәк? Бу дәлилләрне ничек кире кагарга?

Ничек тә мөмкин түгел. Әгәр „җылыта“ дигән сүзне тун җылы бирә дигән мәгънәдә алсак, тун чынлап та һич җылытмый. Лампа, мич җылыта, кеше тәне дә җылыта, чөнки алар — җылылык чыганаклары. Ләкин тун, бу мәгънәдә алганда, һич җылытмый. Ул үзенең җылысын бирми, бары тик безнең тәнебезнең җылысына читкә чыгарга комачаулый гына. Менә шуңа күрә дә, җылылык чыганагы булган тән тун эчендә чакта үзен җылырак сизә. Ләкин термометрның үз җылылыгы юк, — тунга төреп кую белән аның температурасы үзгәрми. Тунга төреп куелган боз үзенең түбән температурасын озаграк саклый, чөнки тун җылылыкны бик начар үткәрә, бүлмәдәге һавадан аңа җылылык керүне акрынайта — тоткарлый.

Кар җирне җылыта дигән сүзне дә тун җылыта дигән мәгънәдә аңларга кирәк; порошоксыман һәрбер әйбер кебек үк, кар да җылылыкны начар үткәрә һәм үзе каплаган җирнең җылылыгын читкә чыгармый тоткарлап тора. Әгәр термометр белән үлчәп карасак, кар каплаган туфрактагы җылылык ялангач торган туфрактагыдан ун градуслар артыграк икәнен еш күрергә туры килә.

Карның ул „җылыту“ тәэсире крестьяннарга бик яхшы таныш.

Шулай итеп, тун җылытамы дигән сорауга, тун безгә үз-үзебезне җылытырга ярдәм генә итә дип җавап бирергә кирәк. Дөресрәге — тун безне түгел, без тунны җылытабыз.

## Безнең аяк астыбыздагы җирдә елның кайсы вакыты?

Әгәр җир өстендә җәй булса, аның берникадәр тирәнрәк катлавында, мәсәлән, өч метр тирәнлектә, елның кайсы вакыты булыр?

Сез анда да җәй дип уйлыйсызмы? Ялгышасыз! Җирнең өстендә дә һәм туфрак астында да, гадәттә уйланганча, ел вакытлары бер үк булмый. Туфрак җылылыкны ифрат начар үткәрә. Ленинградта 2 *м* тирәнлеккә күмелгән суүткәрү көпшәләре чатлама суыкта да катмыйлар. Җир өстендә булган температура үзгәрешләре туфрак эченә бик әкрен үтәләр һәм аның төрле катлауларына бик кичегеп кенә барып җитәләр. Мәсәлән, Слуцкида (Ленинград өлкәсендә) турыдан-туры үлчәп караулар, өч метр тирәнлектә җәйнең иң җылы чагы 76 көнгә, ә кышның иң суык чагы 108 көнгә кичеккәнен күрсәттеләр. Икенче төрле әйткәндә, җир өстендә иң эссе көн, мәсәлән, 25 июльдә булса, өч метр тирәнлектә ул 9 октябрьда гына була! Әгәр иң салкын көн 15 гыйнварда булса, әлеге тирәнлектә ул май аенда гына башлана! Тирәнрәк катлауларда ул кичегү тагын да артыграк була.

Туфракның тирәнрәк катлауларына киткәч, температура үзгәрешләре кичегеп кенә калмыйлар, алар йомшаралар, ә берникадәр тирәнлектә температура бөтенләй үзгәрми: анда йөзләрчә ел буена һичбер үзгәрешсез, һәрвакыт бер температура — атап әйткәндә, шул урынның ел әйләнәсендәге уртача температурасы булып тора. Париж обсерваториясенең 28 *м* тирәнлектәге базларында Лавуазье куйган термометр йөз илле елдан артык тора һәм шул йөз илле ел буена ул кымшанып та карамаган, ул һаман бер температураны (+ 11,7° С) күрсәтә.

Шулай итеп, без басып торган туфрак астында елның вакыты җир өстендәгечә булмый. Җир өстендә кыш булганда, өч метр тирәнлектә әле көз була, — дөрес,

ул көз җир өстендә булып узган көз шикелле түгел, аның температурасы йомшаграк була; җир өстендә җәй булганда исә туфракның тирән катлауларына кышкы суыкларның зәгыйфь тәэсире үтеп җитә башлый.

Җир астында яшәүче тереклек ияләре (мәсәлән, май коңгызы корты) һәм үсемлекләрнең җир асты өлешләре турында сүз барганда моны искә алу бик мөһим урын тота. Мәсәлән, агач тамырларындагы күзәнәкләрнең үрчүе елның суык вакытында булуына, ә камбиаль тукымаларның эшчәнлеге җылы сезонда бөтенләй диярлек тукталып торуына,— ягъни агачның югарыгы өлешендәгегә бөтенләй каршы процесс булуына гаҗәпләнергә кирәкми.

## Җәйге Кояш белән кыш көне җылыту

Сүзне берничә кызыклы саннан башлыйк. Кояшның бер билгеле мәйданга күпме җылылык җибәрүен галимнәр үлчи алдылар. Әгәр Мәскәүне алсак, кышкы өч ай (ноябрь, декабрь, гыйнвар) эчендә Кояш һәрбер квадрат метрга 30 мең калория, ә инде язгы һәм җәйге айларда 500 мең калория җылылык бирә. Безнең башкалабызның биләп торган урыны ничә квадрат метр булса, җылы сезон вакытында Кояш аңа шулкадәр тапкыр ярты миллионшар калория җылылык бирә. Шулкадәр күп җылылык кая китә соң? Аның күп өлеше җылылык җиргә җыелган көнне үк читкә таралып, югалып бетә. Аның бик кечкенә өлеше генә бераз тирәнлектәге туфракны җылыта һәм ул да озакка бармый: беренче көзге суыклар башлангач та, туфракта җыелган җылылык тагын таралып бетә.

Кыскача әйткәндә, Кояшның шулкадәр юмарт җылылыгы бездә сакланып калмый, бездән узып китә. Безгә үзе агып килә торган шундый зур энергияне нинди юл белән булса да тотып калырга һәм сакларга мөмкин түгелме соң?

1927 елда үлгән күренекле Мәскәү физигы В. А. Михельсон үз гомеренең актык елларында бу идея турында уйлаган. Аның җәйге Кояш җылылыгыннан файдаланып Мәскәүдәге биналарны кыш көне җылыту һәм башкалабызның климатын акрынлап яхшырту ту-

рындагы фикерләре җитди һәм тәртипле бер план рәвешенә кергән. Мәрхүм галим тарафыннан җентекләп эшләнгән бу проект үз вакытында махсус „Практик физика журналы“нда басылып чыкты.

Михельсон түбәндәге саннардан чыгып исәп йөрткән. Мәскәүдәге мең квадрат метр урын биләп торган бер өй җиде ай буена (язын һәм җәен) Кояштан $500\,000 \times 1000 = 500\,000\,000$ калория җылылык ала. Ул өйне көзге һәм кышкы биш ай буена җылытып тору өчен исә 360 000 000 калория тотыла.

„Шулай булгач,— дип нәтиҗә ясый галим,— Кояш һәрбер бинага кыш өчен кирәк булган җылылыкны артыгы белән бирә. Мәсьәлә шунда тора: яз һәм җәй көне Кояш биргән җылылыкны ничек үзләштерергә һәм аны кышка кадәр ничек саклап торырга, файдасыз таралып бетүдән ничек сакларга“.

Кояш җылылыгын җыю һәм саклау урыны, Михельсон проекты буенча, кая булыр дип уйлыйсыз?— Җир астында 20 метрда һәм аннан да артыграк тирәнлектә.

Беренче караудa, Кояш нурларының энергиясен тирән җир астына яшерү бөтенләй мәгънәсез кебек тоела. Ләкин, әгәр туфракның җылылыкны бик яхшы саклавын искә алсак, бу фикер ул кадәр үк төпсез булып тоелмас. Туфрак — бик яхшы җылы саклагыч; ул үзе аша җылылыкны бик акрын үткәрә.

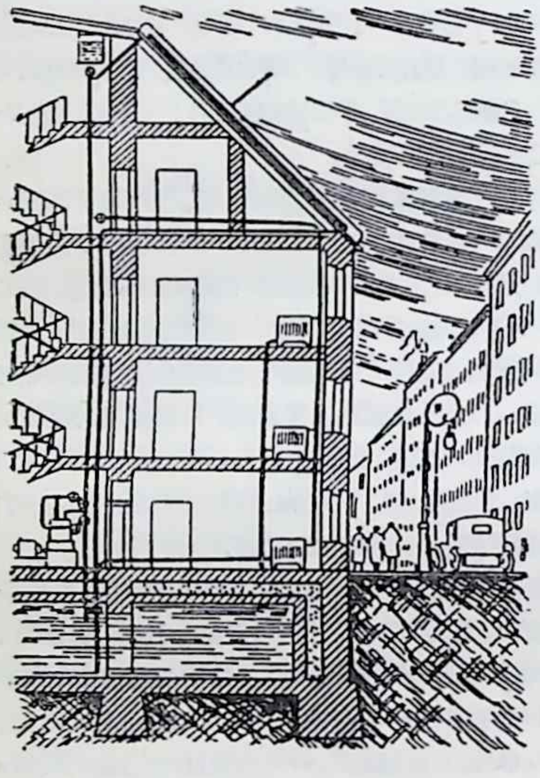
„Әгәр без җәй көне шәһәр астындагы туфрак катлавын 20—30 метр тирәнлеккә кадәр Кояш җылысы белән җылыта алсак, кышын бу җылылык ян-якларга, аска һәм өскә 10 метрдан да артык читкә таралмый, хәтта җир өстенә дә җитеп өлгерми“,— дип яза Михельсон.

Проектның авторы Кояштан килгән җылылыкны җир астына ничек җыеп калырга уйлаган соң?

Бу үткер акыл белән уйланган проектның төп идеясен аңлау өчен, ике элементар физик фактны искә алыйк. Сыеклык парга әйләнгәндә тирә-юнь һаваның салкынаю күренеше һәркемгә билгеле: парга әйләнүче сыеклык үз тирәсендәге әйберләрне суыта (юеш күлмәктә суыграк булуын исегезгә төшерегез), ягъни аларның җылылыгын ала. Моның киресе булган күренеш белән күп кеше таныш түгел. Пар куерып, сыек хәлгә әверелгәндә үзендәге җылылыкны чыгара, тирә-юньдәге әйберләрне җылыта. Су пары куерганда чыккан җы

лылык белән ул пар авырлыгына караганда алты тапкыр артыграк суны 100° ка кадәр җылытырга мөмкин. Тагын бер фактны — кысылган вакытта газ җылынуын искәрик тә, тагын Михельсон проектына килик.

Яз һәм җәй көне өй түбәләре Кояш нурларына коеналар һәм, әлбәттә, җылыналар. Төннәрен өй түбәләре суынганда бу җылылык юкка чыга, — ул тирәюньгә нурлар рәвешендә тарала. Михельсонның идеясе, югарыда әйткәнебезчә, — ул җылылыкка файдасыз таралырга ирек бирмәү, аны кыш көне өйләрне җылыту өчен җыеп калудан гыйбарәт. Өй түбәләренә урнаштырылган көпшәләр эчендә Кояш җылыткан су йортның нигезе астына 20—30 *м* тирәнлеккә өзлексез китеп торырга тиеш.



89 нчы рәсем. Җәйге Кояшның җылылыгы белән кыш көне өйләрне җылыту проекты.

Тышкы яктагы температура үзгәрешләре мондый тирәнлеккә үтеп җитә алмый, — ул катлауда даими температура саклана (Мәскәүдә ул + 6° С). Түбәдә җылынган су җир астындагы көпшәләр буйлап агып йөри, һәм үзенең артык җылылыгын туфракка биреп суынгач, тагын өй түбәсенә суыртып менгезелә һәм җылынгач яңадан җир астына төшеп китә, шул рәвештә су әйләнеп йөри. Кыскасы, җәй көне Кояштан алынган җылылык өй астындагы тирән туфрак катлавына җыела (89 нчы рәсем).

Җир астына җыеп калынган җылылык белән кыш көне өйләрне ничек җылыту турында сөйлик. Михельсон моның өчен түбәндәге җайланманы тәкъдим иткән. Өй түбәсендәге көпшәләр челтәрен кыш көне аерып торалар. Җир астындагы җылы су борма-борма көпшәле махсус савыт (парга әйләндергеч) эченә җыела; ул бормалы көпшә эчендә ясалма рәвештә басымны

киметү аркасында нинди дә булса сыеклык, мәсәлән, спирт парга әйләнә. Спирт парга әйләнгәндә үзен урап алган суның берникадәр җылысын йота. Аннан соң, махсус насос ярдәмендә, ул пар икенче урындагы бормалы көпшәгә (куерткычка) китерелә, анда ул югары басым астында куерып сыеклыкка әверелә һәм берникадәр җылылыгын бормалы көпшәне урап алган суга бирә. Җир астыннан килә торган бу су, әле генә сөйләнгән процесс нәтиҗәсендә (Михельсон исәпләвенә караганда) 55° ка кадәр җылынырга мөмкин. Бу инде өйне су белән җылыту өчен җитәрлек була.

Билгеле инде, өй түбәсендәге һәм җир астындагы көпшәләрдә суның һичтуктаусыз әйләнеп йөрүе өчен (хәер, циркуляция бик акрын бара), һәм парга әйләндергеч белән куерткычтагы насосларны эшләтү өчен беркадәр ягулык энергиясе (яки электр энергиясе) тотарга туры килә. Ләкин бу чыгым бер дә зур түгел. Исәпләүләргә караганда, Михельсон җайланмасында тотылачак ягулык хәзерге иң яхшы җылыту системасына киткән ягулыктан өч тапкыр азрак. Икенче төрле әйткәндә, бу проект 60% ягулыкка экономия бирергә вәгъдә итә. Өйләрне җылыту өчен тотылган ягулык чыгымы бөтен промышленностьта тотылган чыгымнан да артыграк икәнен исәпкә алсак, бу экономиянең әһәмияте никадәр зур булуы ачык күренә.

Бу проектны тормышка ашыру өчен бик зур җир асты эшләре башкарырга кирәк.

Михельсон болай яза: „Шәһәр астында шактый күп җир эше эшләргә туры килер: берничә урында 30 *м* тирәнлектә шахталар казырга, аннан соң 20—30 *м* тирәнлектә ике рәт горизонталь штольнялар сузарга һәм алар буйлап су йөрү өчен көпшәләр салырга кирәк булачак. Көпшәләр челтәренең тыгызлыгы — алты ай буена, апрельдән алып сентябрьгә кадәр, Кояш җылысы белән 20 яки 30 *м* лы туфрак катлавын җылытуны тәэмин итәрлек булырга тиеш. Күпме калынлыктагы катлауны һәм ни дәрәҗәдә җылыту мөмкинлеге, барыннан да бигрәк, шәһәрдәге йорт түбәләрендә Кояш җылысын йотучы мәйданны күпме зурлыкта ясау мөмкинлегенә бәйләнгән.

„Җәй көне туфракны җылыту өчен файдаланыла торган су тутырылган көпшәләр кыш көне шәһәрне җылыту өчен дә хезмәт итәчәкләр. Җәй көне җир

асты көпшәләре, насослар ярдәмендә, түбәләрдәге җылылык йоту көпшәләре белән тоташтырыла. Кыш көне җир асты көпшәләре барлык җылыту машиналарының парга әйләндергечләре белән тоташтырыла; аларда суның температурасы 55° ка кадәр күтәрелә һәм ул су җылыту казаннарына килә. Караңгы айларда (ноябрь — февраль) Кояш энергиясен йотучы көпшәләр аерып куела. Март аенда әле өйләрне җылытырга туры килә, шулай да мартның кояшлы көннәрендә җир асты көпшәләрен бөтенләй аерырга һәм җылыту машиналарының парга әйләндергечләрен түбәләрдәге көпшәләрдә җылынган су белән тәэмин итәргә мөмкин“.

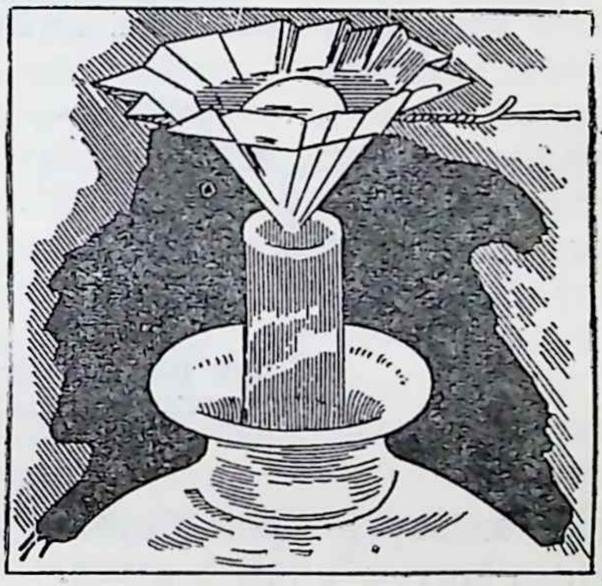
Михельсон проекты тормышка ашырыла калса, ул тагы да күбрәк нәрсәләр вәгъдә итә. Түбәләрдәге көпшәләр санын тиешенчә алганда алты ай буена Кояштан килгән җылылык кыш көне өйләрне җылытырга җитәрлек кадәр генә түгел, артып китәргә дә мөмкин. Ул вакыт ел ахырында эшкә тотылмаган җылылык кала. Бу җылылык елдан-ел арта барачак, чөнки һәр елны тотылмый калган җылылык өстәлеп торачак. Моның нәтиҗәсендә ни булыр соң?

„Туфракның уртача температурасы акрынлап күтәрелә барыр. Кыш көне туфракның туңу күренеше бик тиз бетәр. Күп еллардан соң туфракта акрынлап җыела килгән җылылык шәһәрнең климатына шактый сизелерлек тәэсир ясар; шәһәр биләп торган мәйдан никадәр зур булса, бу тәэсир шулкадәр зур булыр. Андагы кар тирә-юнь өлкәләрендәгегә караганда иртәрәк эреп бетәр, ә көзен кар шактый соңга калып ятар. Туфракта температура күтәрелү, димәк, шуның аркасында һаваның да температурасы арту кыш көне өйләрне җылыту чыгымын да киметер. Шуңа күрә, туфракта җылылык тизрәк җыелыр һәм шәһәр климаты да тизрәк үзгәрер. Ул вакыт бөтен шәһәр көньяктан төньяк киңлек сызыгына күчереп куелган җылы оазис кебегрәк булып китәр“.

Күрәсез, безнең башкалабызның климаты, кыска гына вакыт эчендә бөтенләй танымаслык дәрәҗәдә үзгәрер — кар белән каплана торган төньяк почмагы җылы һава белән иркәләнә торган субтропик өлкәгә әверелер.

## Кәгазь кастрюль

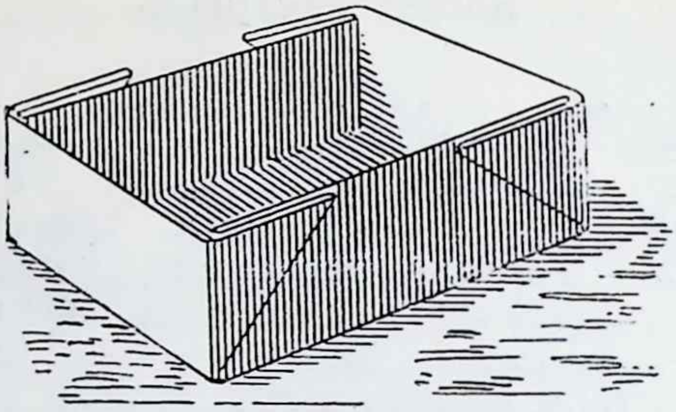
90 нчы рәсемгә карагыз: кәгазь калпакка салынган суда йомырка пешә! „Хәзер кәгазьгә ут кабар да су лампага агар“, диярсез сез. Шул тәҗрибәне үзегез ясап карагыз. Нык кына пергамент кәгазьдән калпак ясап, аны тимерчыбык тоткычка яхшылап беркетегез. Сез ул кәгазьгә уттан һичбер зарар килмәвенә үз күзегез белән күреп ышанырсыз. Моның сәбәбе—ачык савытта суны кайнау температурасына (100° ка) кадәр генә җылытырга мөмкин булуда. Шуңа күрә җылына торган су, өстәвенә җылысыешлыгы да зур булганлыктан, кәгазьнең артык җылылыгын үзенә йота, кәгазьгә 100° тан артык күп җылынырга, ягъни ут кабынып китәрлек дәрәҗәдә җылынырга ирек бирми. (Практикада, 91 нче рәсемдә күрсәтелгән шикелле кәгазь тартмадан файдалану яхшырак булыр). Ялкын кәгазьне ялап торса да, ул кабынып китми.



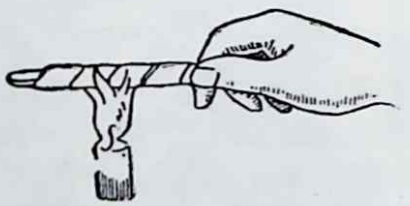
90 нчы рәсем. Кәгазь кастрюльдә йомырка пешерү.

Хәтерсез кешеләрнең сусыз самовар куеп, аны эретүләре дә шундыйрак күренешкә охшый. Моның сәбәбе ачык: эретеп ябыштырылган металл шактый тиз эрүчән, өстенә орынып торган су гына аның температурасы артык нык күтәрелүдән саклап кала. Паять итеп ябыштырылган кастрюльләрне дә сусыз килеш кыздырырга ярамый. Максим пулеметында су коралны эреп ватылудан саклап кала.

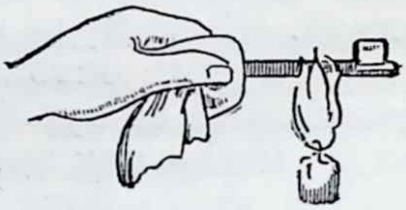
Уен картасы кәгазеннән ясалган тартма эчендә сез кургашынны да эретә аласыз. Ләкин ялкынны кәгазьнең кургашын орынып торган урынында гына тотарга кирәк: металл, җылылыкны шактый яхшы үткәрүче әйбер булганлыктан, кәгазьнең җылылыгын үзенә ала, кәгазьгә үзенең эрү температурасыннан, ягъни 335° тан (кургашынның эрү температурасы шулай) бик үк ар-



91 нче рәсем. Су кайнату өчен кәгазь тартма.



92 нче рәсем. Янмый торган кәгазь.



93 нче рәсем. Янмый торган җеп.

тык кызарга ирек бирми; ә бу температура кәгазьнең янып китүе өчен җитми.

Түбәндәге тәҗрибә дә бик яхшы барып чыга (92 нче рәсем). Юан кадакка яки тимер чыбыкка (бакыр булса бигрәк тә яхшы) тар гына кәгазь тасманы тыгыз итеп, винт сыры рәвешендә урагыз. Шул кәгазь тасманы ялкын өстендә тотыгыз. Ялкын аны ялап торыр, кәгазьне корымландырыр, ләкин чыбык кызарып җитмичә торып кәгазь кабынмас. Моның сәбәбе — металлның җылылыкны яхшы үткәрүендә; пыяла таяк белән андый тәҗрибәне ясап булмас иде. 93 нче рәсемдә дә шуңа охшаган тәҗрибә: ачкычка бик тыгыз итеп уралган „янмый торган" җеп күрсәтелгән.

## Табигатьтә бердәнбер тайгак әйбер

Шома итеп буялган идәндә гади идәндәгегә караганда тизрәк таеп китәсең. Боз өстендә дә шулай булырга, ягъни, тигез боз өстендә тигезсез, калкулы боз өстендәгегә караганда тайгаграк булырга тиеш иде.

Ләкин, әгәр сезгә әйбер төялгән кечкенә чананы кытыршы бозлавык өстеннән тартып барырга туры килсә, һич көтелмәгәнчә андый бозлавыкта чананы тарту тигез боз өстендәгегә караганда шактый ансатрак икәненә ышанып идегез. Кытыршы боз шома бозга караганда тайгаграк! Моның сәбәбе менә нәрсәдә: „бозның тайгаклыгы, асылда, аның шомалыгына түгел, бөтенләй башка сәбәпкә — боз өстенә басым артканда бозның эрү температурасы түбәнәюгә бәйләнгән.

Чана яки тимер аяк белән шуганда ниләр булуын карап үтик. Тимераяк белән басып торганда без бик кечкенә, берничә квадрат миллиметр гына мәйданга таянып торабыз. Шул кечкенә мәйданга безнең гәүдәбезнең барлык авырлыгы басып тора. Әгәр икенче бүлектә басым турында сөйләнгәннәр хәтерегездә булса, тимераяк белән шуучының бик зур басым ясавын аңларсыз. Зур басым астында боз түбән температурада эри; мәсәлән, бозның температурасы—5° булса, ә тимераякның басымы аның эрү температурасын 5 градустан да түбәнрәк төшерсә, тимераяк баскан урында боз эри. Шуннан нәрсә була соң? Тимераяк йөзе белән боз арасында юка гына су катлавы хасил була,— шуның аркасында тимераяк шуа башлый. Тимераякта шуучы икенче урынга күчте исә, анда да боз эри. Шуучының аяк астында һәр урында да боз эреп, юка гына су катлавы барлыкка килә.

Хәзер без сүз башында куелган сорауга кайтыйк. Бер үк авырлыктагы йөкнең таянып торган мәйданы никадәр кечкенә булса, басымы шулкадәр зур булганы безгә билгеле. Кеше кайчан күбрәк басым ясый—көзге кебек тигез боз өстендәме, әллә кытыршы боздамы? Әлбәттә, икенче очракта: чөнки бу вакытта ул кытыршы бозның калкып торган нокталарына гына баса. Бозга басым никадәр зур булса, ул шулкадәр күбрәк эри һәм боз шулкадәр шомарак була (әгәр бозга таянган табаннар җитәрлек кадәр киң булсалар гына бу шулай; бозның калкулыкларын кисеп керә торган тимераяк табанына карата алай түгел, - чөнки хәрәкәт энергиясенең беркадәр өлеше боз калкулыкларын кисеп керүгә тотыла).

Гади көнкүрештәге башка күп кенә күренешләр дә зур басым астында бозның түбән температурада эрүе

белән аңлатыла. Берничә кисәк бозны бергә кыссаң, алар бер-берсенә ябышып каталар. Бу да бозның әлеге үзлегеннән килә. Кар ыргытып уйнаган бала, үзе дә белмәстән, кар бөртекләренең шул үзлегеннән файдалана: ул карны кулына йомарлап бик нык кысканда карның эрү температурасы түбәнәя һәм кар бөртекләре берникадәр эреп, бер-беренә ябышып каталар. Кардан „бабай“ ясаганда без бозның һаман шул үзлегеннән файдаланабыз: бу вакытта тәгәрәтеп барыла торган шарның басымы белән астагы кар эри һәм шунда ук катып, ябышып тора. Чатлама суыкларда карның нилектән таралып китүен һәм кар „бабайны“ ясап булмауның сәбәбен хәзер үзегез дә аңлыйсыздыр. Тротуарларда йөрүчеләрнең аяк басымнары белән кар тыгызланып, бозга әйләнә — кар бөртекләре тоташ катлауга әйләнәләр.

Теория буенча исәпләп карасак, бозның эрү температурасын 1° ка төшерү өчен шактый зур басым — һәр квадрат сантиметрга 130 килограмм кирәк икәнен күрәбез. Биредә боз эрегән вакытта бозга да һәм суга да бертигез басым төшә дип алына. Ә югарыда сөйләнгән мисалларда бозга гына зур басым төшә, боз эрүдән хасил булган су исә атмосфера басымында тора; мондый шартларда басымның боз эрү температурасына тәэсире шактый зур була. Өстәвенә мондый шартлар басымның артуы бозның гына түгел, бөтен әйберләрнең эрү температуралары төшүгә сәбәп була.

## Боз сөңгеләре турында мәсьәлә

Түбә кырыйларыннан салынып торган бозларны без еш күрәбез; ә ул боз сөңгеләренең ничек ясалуы турында сезнең уйлап караганыгыз бармы?

Алар нинди көнне ясалалар — җылы көннеме, әллә суык көннеме? Әгәр җылы көнне булса, нульдән югары температурада су ничек ката алсын? Әгәр суык көнне булса, ягылмаган бинаның түбәсенә су каян килер икән?

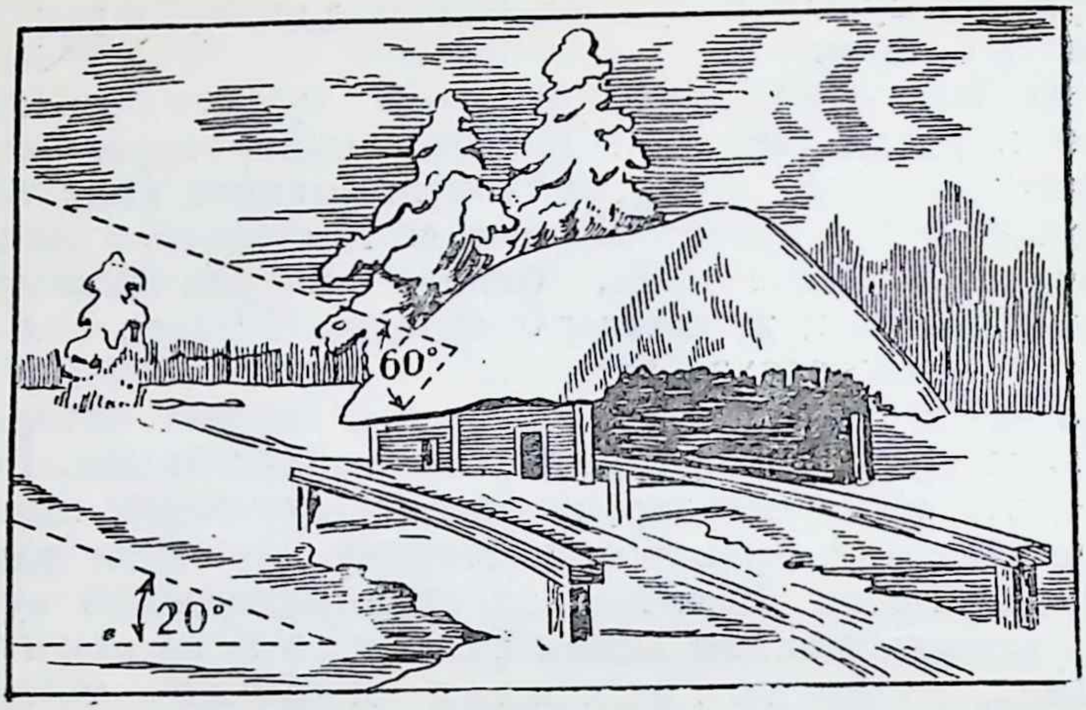
Күрәсез, бу мәсьәлә башта уйлаганча, бик үк гади түгел. Боз сөңгеләре ясалсын өчен бер үк вакытта ике төрле температура: бозның эрүе өчен нульдән

югарырак, суның катуы өчен нульдән түбәнрәк температура кирәк.

Чыннан да ул шулай була: өй түбәсендәге карны Кояш нурлары нульдән югары температурага кадәр җылыталар һәм ул эри, ә түбә кырыеннан агып төшүче тамчылар каталар, чөнки анда температура нульдән түбәнрәк (билгеле инде, биредә ягылып җылытыла торган бинаның түбә кырыйларында ясалган боз сөңгеләре турында сүз бармый).

Менә мондый картинаны күз алдына китерегез. Кояшлы көн. Тышта суык 1—2 градус кына. Бөтен җир өсте Кояш нурларына коена; шулай да, кыеклап төшкән бу нурлар карны эретерлек дәрәҗәдә җылытмыйлар. Ләкин өйнең Кояшка караган кыегына нурлар Җир өстенә төшкән кебек с ө з ә к л ә п т ө ш м и л ә р, текәрәк, т у р ы п о ч м а к я с а п д и я р л е к төшәләр. Бер әйбернең өстенә нурлар төшү почмагы туры почмакка никадәр якын булса, аның өсте шулкадәр ныграк яктыртыла һәм күбрәк җылына. (Нурларның җылытуы ул почмакның синусына туры пропорциядә була; 94 нче рәсемдә күрсәтелгән очракта түбәдәге карга төшкән җылылык шул ук зурлыктагы горизонталь өслеккә төшкән җылылыкка караганда $2^1/_2$ тапкыр күбрәк, чөнки 60° нын синусы 20° ның синусыннан 2,5 тапкыр артыграк). Менә шуңа күрә дә түбә кыегы күбрәк җылына, һәм андагы карның эрүе мөмкин була. Эреп җыелган су түбә кырыена ага һәм тамчылар булып салынып тора. Ләкин түбә астында температура нульдән т ү б ә н р ә к, андагы тамчы, өстәвенә парга әйләнү белән дә суынганлыктан, боз булып ката. Аның өстенә икенче тамчы төшә һәм ул да суынып ката; аннан соң өченчесе һәм башкалары килә тора; акрынлап боз чыгынтысы ясала. Икенче вакыт, шундый ук һава хәле булганда, бу боз чыгынтылары тагын да озынаялар һәм нәтиҗәдә җир асты мәгарәләрендәге сталактитлар кебек боз сөңгеләре хасил була. Лапасларның һәм гомумән ягылмый торган биналарның түбә кырыйларында тамчы бозлары әнә шулай барлыкка килә.

Шул ук сәбәп аркасында, безнең күз алдыбызда тагын да зуррак күренешләр туа: төрле климат пояслары һәм елның төрле вакытлары арасындагы аерма, Кояш нурлары төшү почмагының зурлыгы үзгәрүгә




94 нче рәсем. Кояш нурлары авыш түбә өстен горизонталь җир өстенә караганда ныграк җылыталар (саннар почмак зурлыкларын күрсәтәләр).

бик нык бәйләнгән[1]. Кояш бездән җәй көне дә, кыш көне дә бер үк ераклыкта тора дип әйтергә мөмкин; полюсларның да, экваторның да аннан ераклыгы бертигез (аерма бик аз булганлыктан, аның әһәмияте юк). Ләкин экваторда Кояш нурларының төшү авышлыгы полюслардагыга караганда азрак; Җәй көне нурларның төшү почмагы кышкыга караганда зуррак. Менә бу хәл температурада зур аерма тудыра һәм бөтен табигатьне үзгәртеп җибәрә.

Бу китапның элекке басмаларын укыган кайбер кешеләрдән боз сөңгеләре ясалуны гадирәк аңлатырга тырышучылар булды: түбәгә яткан иң түбәнге кар катлавына югарыгы катлаулар басым ясыйлар, шуңа күрә түбәнге катлауның эрү температурасы төшә; кар эри, ә агып чыккан су бу басымнан котылгач, суыкта тагын ката.

[1] Ләкин бу гына түгел; икенче әһәмиятле сәбәп — көн озынлыкларының, ягъни Кояшның Җирне җылыту вакыты озынлыкларының бертигез булмавында. Бу сәбәпләр икесе дә бер астрономик фактка — Җир шарының Кояш тирәсендә әйләнү яссылыгына карата Җир күчәренең авышлыгы үзгәрүгә бәйләнгән.

ЖИДЕНЧЕ БҮЛЕК

# ЯКТЫЛЫК НУРЛАРЫ

## Тотып алынган күләгәләр

Ай, сез күләгәләр, кара күләгәләр,
Кемне генә куып җитмисез?
Кемне генә куып узмыйсыз?
Ләкин сезне, кара күләгәләр,
Тотып алып — кочып булмый!

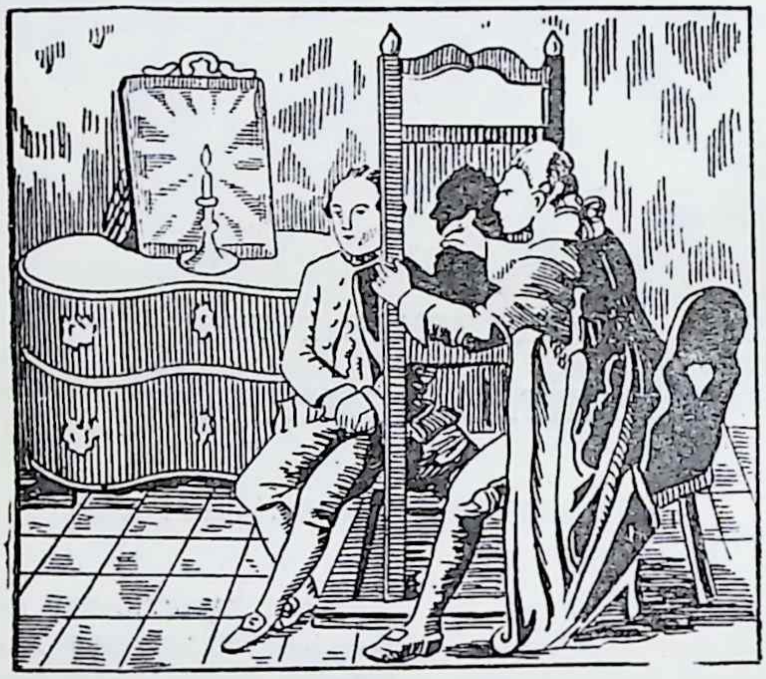
Некрасов

Безнең бабаларыбызның бабалары үз күләгәләрен тотып ала белмәсәләр дә, алардан файдалана белгәннәр: күләгәләр ярдәмендә „силуэтлар" — кеше фигурасының күләгәсыман сурәтләрен ясаганнар.

Безнең көннәрдә, фотография булу аркасында, һәрбер кеше үзенең яки туганнарының һәм таныш-белешләренең рәсемен ясата ала. Ләкин XVIII гасырда кешеләр алай бәхетле булмаганнар: рәссамнар төшерә торган портретлар бик кыйммәт торган һәм аларны ясатырга бик аз кешенең генә мөмкинлеге булган. Менә шуңа күрә ул заманнарда силуэтлар киң таралган: алар хәзерге фоторәсемнәрне билгеле бер дәрәҗәдә алыштыра алганнар. Силуэтлар — тотып алынган һәм беркетеп куелган күләгәләр алар. Силуэтларны механик юл белән ясаганнар, бу яктан алар

капма-каршы нәрсәне — яктылык ярдәмендә рәсем төшерүне хәтерләтәләр. Без яктылыктан файдаланабыз, безнең бабаларыбыз шул ук максат өчен яктылык булмаудан, ягъни күләгәдән файдаланганнар.

Силуэтларны ничек төшереп алу 95 нче рәсемнән аңлашыла. Кешенең башын күләгә аңа охшарлык итеп борып куйганнар да күләгә кырыеннан карандаш белән



95 нче рәсем. Силуэт портретлар ясауның борынгы ысулы.

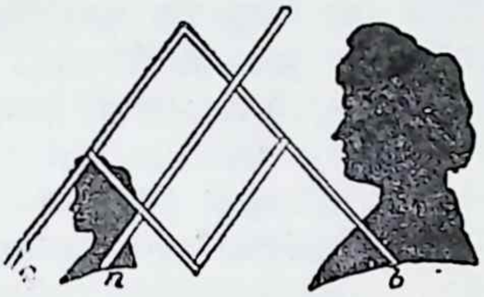
сызып чыкканнар. Аннары контур эчен кара белән буяганнар, кисеп алганнар һәм ак кәгазьгә ябыштырып куйганнар: силуэт әзер. Теләгән чакта аны пантограф дигән махсус җайланма ярдәмендә кечерәйткәннәр.

Гади кара абрис оригиналга охшамыйдыр дип уйлый күрмәгез. Киресенчә, уңышлы чыккан силуэт оригиналга кайчакта искиткеч нык охшаган була.

Күләгәсыман сурәтләрнең бу үзгәлеге — сызыклар гади булу белән беррәттән оригиналга охшаган булу — кайбер рәссамнарны кызыксындырып җибәргән һәм алар шул рәвешчә сценалар, ландшафтлар һ. б. рәсемнәр төшерә башлаганнар. Тора-бара силуэтлар төшерү буенча рәссамнарның аерым бер төркеме — силуэтчылар да килеп чыккан. 97 нче рәсемдә Шиллер силуэты сурәтләнгән.

„Силуэт“ дигән сүзнең килеп чыгуы бик кызык: ул Франциянең XVIII гасырдагы Этьен де-Силуэт дигән

бер министры фамилиясеннән алынган. Бу министр акчаны әрәм-шәрәм итүче замандашларын сакчылрак булырга өндәгән һәм аларны, картиналар белән портретларга акча күп тотасыз, дип шелтәләгән. Күләгәсыман портретларның арзан булуын күргән шаян кешеләр аларны „á la Silhouette“ („Силуэтча“) дип атап җибәргәннәр.



96 нче рәсем. Силуэт портретны кечерәйтү.

97 нче рәсем. Шиллер силуэты (1790 ел).

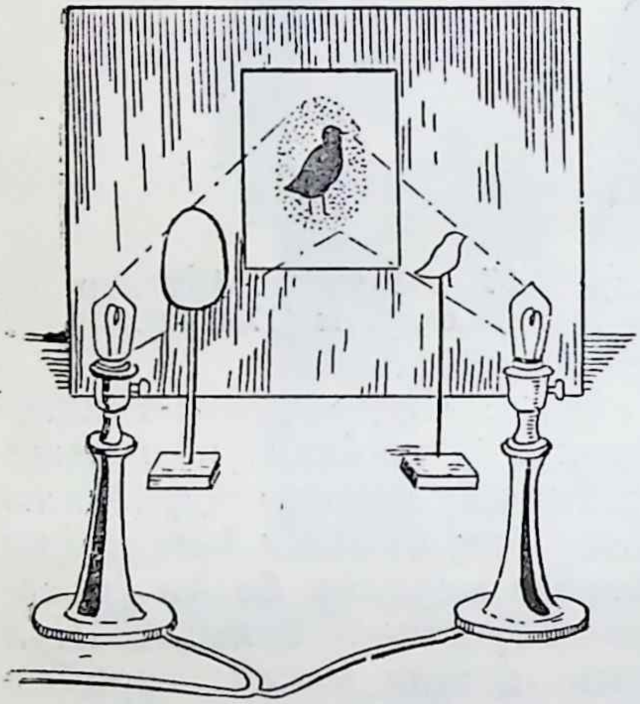
Күптән түгел силуэт сурәтләр бездә фәнни-тикшерену эшләрендә — атап әйткәндә хайван һәм кеше органнарының формасын исәпкә алу эшендә — файдалы кулланыш тапты. Бу органнар бик йомшак һәм нәфис булганлыктан, аларны гадәттәге ысуллар белән (мәсәлән, штангенциркуль ярдәмендә) үлчәп булмый. Шул максат белән совет галиме ясаган махсус прибор (проф. Немиловның “силуэт үлчәгече“) органнарның үзләрен үлчәү урынына аларның күләгә сурәтләрен үлчәүгә нигезләнгән.

## Йомырка эчендә чеби

Иптәшләрегезне кызык кына итеп шаяртып алу өчен, күләгәләрнең үзлекләреннән файдаланырга мөмкин. Майлы кәгазьдән экран ясагыз; моның өчен катыргы кисәгендәге дүртпочмаклы тишеккә майлы кәгазь киереп кую җитә. Экран артына ике лампа куегыз: тамашачылар экран алдында, икенче якта утырырлар. Лампаларның берәрсен, әйтик, сул яктагысын, кабызыгыз.

Кабызылган лампа белән экран арасына овалсыман киселгән катыргыны тимер чыбыкка элеп куегыз, шул

чакта экранда, әлбәттә, йомырка силуэты күренә башлар. (Уң яктагы лампа әлегә кабызылмаган.) Инде хәзер кунакларыгызга „Рентген аппаратын“ эшләтә башлау турында белдерегез һәм ул йомырка эчендәге... чебешне күрсәтер, дип әйтегез. Һәм чыннан да кунаклар, күз ачып йомган арада, йомырка силуэтының кырыйлары яктырып киткәнен, ә аның уртасында шактый ачык булып чебеш силуэты торганын күрерләр (98 нче рәсем).



98 нче рәсем. „Йомырка эчендәге чебеш“.

Фокусның хикмәте гади: сез уң яктагы лампаны да кабызып җибәрәсез, ә аның нурлары юлына чебешнең катыргы контуры урнашкан була. „Чебеш“ күләгәсе дә өстәлә торган овальсыман шәүләнең бер өлешен уң як лампа да яктырта, шуңа күрә „йомырканың“ кыр-кырыйлары эчке өлешкә караганда яктырак булалар. Экранның теге ягында утырган тамашачылар исә сез ни эшләгәнне һич тә сизмәсләр һәм, әгәр физика белән анатомиядә белемнәре аз булса, сез табык йомыркасы аша чыннан да рентген нурлары уздырдыгыз дип уйлап куярлар.

## Айдан җибәрелгән сигналлар

„Космик рейс“ дигән, күп нәрсәгә өйрәтә торган фильмны күрүчеләр Айда бик көчле яктылык чыгарып сигнал бирү турындагы эпизодны хәтерли торганнардыр. Бу сигнал Җир астрономнарына беренче космик сәяхәтчеләрнең кирәкле урынга уңышлы килеп җитүләрен хәбәр итәргә тиеш була. Күп кенә тамашачылар бу нәрсәнең мөмкинлегенә шикләнәләр: Айдан җибәрелгән яктылык сигналын Җирдәге телескоп сизә аламы

икән соң? Моның өчен ифрат көчле, һич булдырып булмый торган яктылык кирәк түгелме икән?

Әлбәттә, биредә яктылык чыганагы гаять көчле булырга тиеш, — ләкин шулай да аның көче кешенең техник мөмкинлекләреннән зур түгел. Моның өчен хәзерге техниканың кул астындагы чаралары да җитә. Яктылык бирүче хәзерге җайланмаларны Айга куйсаң, алар җибәргән яктылыкны Җирдәге куәтле телескоплар аша күрергә мөмкин булыр иде.

Уты ерак-ераклардан күренергә тиешле гади маякның яктылык егәрлеге гадәттә 60 миллион шәмнән артмый. Ләкин хәзер үк инде яктылыгы 2000 шәм егәрлек булган маяк ясарга мөмкин; ул маяк 4 [illegible]0 километрдан күренер иде. Әгәр дә шундый яктылык чыганагы Айның караңгы ягында торса, аны Җирдәге обсерваторияләрнең зур телескопларыннан күреп булыр иде.

Биредә телескопның зурайтуы түгел, бәлки аның объективының мәйданы әһәмиятле, чөнки бу мәйдан белән ул тотып ала торган яктылык энергиясе арасында туры пропорциональлек бар. Телескоп объективының зурайтуы фокус ераклыгына пропорциональ һәм күзәтелә торган әйбернең мәйданы сизелерлек булганда бик нык зурайту сурәтнең ачыклыгына зыян китерә: бу очракта зурайту арткан саен сурәтнең өслек берәмлегенә туры килә торган яктылык энергиясе кими, ягъни сурәт караңгырак булып чыга.

Күзәтелә торган яктылык чыганагының мәйданы сизелерлек булмыйча, ноктадай дип алырлык булса, эш башкача тора; ул вакытта аның телескоптагы сурәте дә ноктадай диярлек була, ягъни зураеп күренми. Бу очракта телескопның зурайтуы сурәт ачыклыгына тәэсир итми, сурәтнең яктылыгы объектив мәйданына гына пропорциональ була. Йолдызларны, ягъни бик ерактагы яктылык чыганакларын күзәткәндә эш шулай тора; Айга урнаштырылган уйланма яктылык сигналына карата да шуны әйтергә кирәк. Айда атмосфера, болытлар һәм томан булмау мондый күзәтү эшен җиңеләйтер иде.

## Көлке фоторәсемнәр

Фотография аппаратын зурайту пыяласыннан (объективтан) башка да кечкенә генә түгәрәк тишемнән файдаланып ясарга мөмкин; күп кенә кешеләр моны

белмиләр дә. Андый аппаратта сурәтләр тоныграк килеп чыгалар. Объективсыз камераның кызыклы бер төрендә тишем урынында үзара кисешүче ике ярык була. Камераның алгы өлешендә ике такта урнаштырылган; аларның берсендә вертикаль, икенчесендә горизонталь ярык эшләнгән. Әгәр такталар бер-беренә терәлеп үк торсалар, сурәт тишемле камерадагы кебек үк, ягъни бозылмыйча килеп чыга. Әгәр такталар бер-

99 нчы рәсем. Ярыклы камера ярдәмендә төшерелгән карикатур фоторәсем. Сурәт горизонталь юнәлештә сузылган.

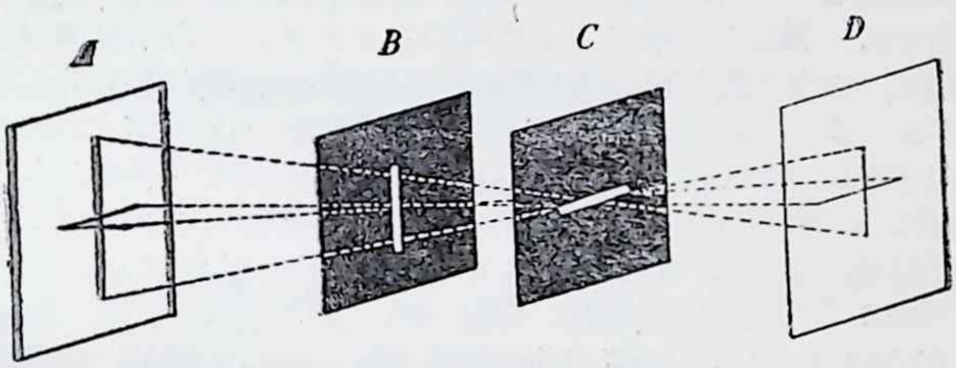
100 нче рәсем. Вертикаль юнәлештә сузылган карикатур фоторәсем (ярыклы камера ярдәмендә төшерелгән).

береннән аерылып торсалар (аларны күчмә итеп ясыйлар), бөтенләй башка нәрсә күзәтелә; ул вакытта сурәт бик нык бозыла (99 нчы һәм 100 нче рәсемнәр). Фоторәсемнән бигрәк карикатурага охшаган нәрсә килеп чыга.

Мондый бозылуны ничек аңлатырга?

Горизонталь ярык вертикаль ярыктан алдарак торган очракны карап үтик (101 нче рәсем). Беренче ярык ($C$) аша $D$ фигурасының вертикаль сызыклары гади тишем аша үткән кебек үтеп китәрләр; арткы ярык бу нурларның юлын аз гына да үзгәртмәс. Димәк, вертикаль сызыкның тоныкпыяладагы ($A$) сурәте, $A$ пыяласының $C$ стенасыннан күпме ераклыкта булуына бәйле масштаб белән килеп чыгар.

Ярыклар шулай ук урнашканда горизонталь сызык пыялада башкача сурәтләнер. Беренче горизонталь ярык аша нурлар тоткарсыз, кисешмичә генә узарлар һәм вертикаль ярыкка (*B*) барып җитәрләр; бу ярык аша нурлар тишем аша үткән кебек үтәрләр һәм, икенче бүлгедән (*B*) *A* га кадәр ераклыкның күпме булуына бәйле рәвештә, тоныкпыялада (*A*) сурәт ясарлар.




101 нче рәсем. Ярыклы камерада бозылган сурәт килеп чыгуның сәбәбе.

Кыскасы, ярыклар шул рәвешчә урнашканда, вертикаль сызыкларга алгы ярык кына тәэсир иткәндәй була; горизонталь сызыкларга исә киресенчә — арткы ярык кына тәэсир итә. Ә алгы ярык арткысына караганда тоныкпыяладан еррагак булганлыктан, вертикаль сызыклар *A* пыяласында горизонталь сызыклардан зуррак масштабта килеп чыгарлар: сурәт вертикаль юнәлештә сузылгандай булыр.

Ярыклар киресенчә урнашсалар, горизонталь юнәлештә сузылган сурәтләр килеп чыгарга тиеш (99 нчы һәм 100 нче рәсемнәрне чагыштырыгыз).

Ярыклар авыш булганда, сурәтләрнең башкача бозылачагы аңлашыла инде.

Мондый камера белән карикатуралар төшерүдә генә түгел, башка урыннарда да файдаланырга мөмкин. Ул җитди практик максатлар өчен, — мәсәлән, архитектура бизәкләренең, палас, обой бизәкләренең һ. б. вариантларын әзерләү һәм гомумән теләгән юнәлештә сузылган яки кысылган орнаментлар һәм сурәтләр ясау өчен дә ярый.

## Кояш чыгу турында мәсьәлә

Сез сәгать нәкъ биштә Кояш чыкканны күрдегез. Ләкин яктылыкның чиксез тиз таралмавы мәгълүм: яктылык чыганагы нурлары күзәтүче күзләренә килеп житсен өчен билгеле бер вакыт кирәк. Шуңа күрә мондый сорау бирергә мөмкин: әгәр яктылык күз ачып йомганчы тарала торган булса, сез әлеге Кояш чыкканны сәгать ничәдә күзәтер идегез?

Яктылык Кояштан алып Җиргә кадәр араны 8 минутта үтә. Яктылык моменталь тизлек белән таралганда, сез Кояш чыкканны 8 минутка алда, ягъни 4 сәгать 52 минутта күрергә тиеш кебек тоела.

Мондый җавапның бөтенләй дөрес булмавы бик күбәүләрне гаҗәпкә калдырыр, бәлки. Кояш бит безнең Җир шары инде яктыртылган урынга үз өслегенең яңа ноктaларын борып китергәнгә күрә чыга. Шуңа күрә сез Кояш чыкканны яктылык билгеле бер тизлек белән хәрәкәт иткән чактагы вакытта ук, ягъни нәкъ 5 сәгатьтә күзәтерсез[1].

Әгәр дә сез телескоптан карап Кояш кырыендагы берәр чыгынтыны (протуберанецны) күзәтсәгез, эш башкача тора: яктылык моменталь таралганда, сез ул чыгынтыны 8 минутка алдарак күрер идегез.

## Яктылык тизлеге.

Яктылык секундка 300 000 *км* тизлек белән тарала; моны физика белән аз гына таныш булган һәрбер кеше белә. Ләкин шушындый гади фактттан гаҗәеп, хәтта

---

[1] Атмосфера рефракциясен искә алсак, нәтиҗә тагы да гаҗәбрәк була. Рефракция нурларның һавадагы юлын кәкрәйтә һәм Кояш чыгышын аның горизонтта геометрик күренүенә караганда алдарак күрергә мөмкинлек бирә. Ләкин яктылык моменталь таралганда рефракция була алмый, чөнки яктылык сыну өчен төрле тирәлекләрдә яктылык тизлеге төрлечә булу шарт. Рефракция булмаганда исә күзәтүче кеше Кояш чыгышын яктылык моменталь таралмаган очрактагыга караганда соңрак күрер; бу аерма, күзәтү урынының киңлегенә, һаваның температурасына һ. б. бәйле буларак, 2 минуттан алып берничә тәүлек һәм хәтта артыграк та (поляр киңлекләрдә) булырга мөмкин. Кызыклы парадокс килеп чыга: яктылык моменталь рәвештә (ягъни чиксез тиз) таралганда без Кояш чыгышын яктылык моменталь таралмаган очрактагыга караганда соңрак күрер идек! Бу мәсьәләнең дәвамын „Сез физиканы беләсезме?“ дигән китаптан карагыз.

могҗизалы дип әйтерлек нәтиҗәләр чыгарырга мөмкин икәнне белүчеләр сирәк. Атаклы француз астрономы К. Фламмарион үзенең „Чиксезлек дулкыннары буйлап“ дигән озын хикәясендә шул кызыклы нәтиҗәләрне Кверенс исемле бер галим белән аның мәрхүм укытучысы Люменның хыялый „җаны“ арасындагы сөйләшү рәвешендә сурәтләп биргән иде. 1864 елда үлгән Люменның җаны шәкертенә үзенең галәм буйлап сәяхәтләре турында сөйләгән, имеш.

Әнә шул сөйләшүне без кыскартып китерәбез[1].

## „ЧИКСЕЗЛЕК ДУЛКЫННАРЫ БУЙЛАП“

**К. Фламмарион.**

### 1. Үткән заманнарны үз күзе белән күрүче

Люмен. — Күк пространствосында күз иярмәслек тизлек белән мине нинди көч очыртып алып киткәндер — ансын әйтә алмыйм. Тиздән мин чиста һәм ак яктылык чыгарып ялтыраган Кояшка якынлашып килүемне күреп алдым. Кояш тирәсендә бик күп планеталар булып, аларның һәрберсе бер яки берничә боҗра белән уратып алынган иде. Әлеге серле көч тәэсире белән мин шул боҗраларның берсе өстенә килеп төштем.

Мин игътибарымны кечкенә генә Җир шарына юнәлттем, аның янындагы Айны да танып алдым. Тиздән мин Төньяк полюстагы ап-ак карларны, Африканың сары өчпочмагын, океанның яр сызыкларын күрдем. Аннары мин акрынлап океан зәңгәрлегенең кырыенда караңгы соры төстәге ниндидер бер чыгынты күрә башладым. Ныклап тикшерә торгач, аның уртасында бер шәһәр күренде.

Бу материк кисәгенең Франция, ә күренгән шәһәрнең Париж булуын мин шунда ук танып алдым. Бу урынны Кояш бик шәп яктыртып тора, ләкин, гаҗәпләнүемә каршы, калкулыклар, гыйнвар аендагы кебек кар белән капланганнар, ә мин бит Җирне октябрьда калдырып киткән идем.

[1] Өземтәләргә исемне мин үзем бирдем. Әсәрнең исеме — „Чиксезлек турында хикәяләр“. Ул 1872 елда язылган.

Мин обсерваториягә күз төшердем. Текәлебрәк карасам, обсерваториягә бара торган аллеяның булмавын һәм анда ниндидер кечкенә бакчалар үскәнен күрдем дә бик нык гаҗәпләндем. Тикшерүләремне дәвам иттем һәм Парижның бик үзгәргәненә ышанганнан-ышана бардым. Ләкин мин кварталларны, урамнарны һәм биналарны яшь чагымдагы кебек итеп күрдем. Тиздән мин яңа Парижны түгел, бәлки XVIII гасыр азагындагы шәһәрне күрүемә ышандым.

Бик дикъкать белән күзәтә бирдем. Килешү мәйданы уртасында эшафот күреп алдым, аны дәһшәтле сугышчылар төркеме урап алган иде. Людовик XVI ның мәетен алып баручы арбага кызыл кием кигән йөкче утырган иде.

1793 елда булган һәм тарихта бик күп сөйләнә торган фаҗигане үз күзләрем белән күрү миңа ифрат гаҗәп булды. Каршымда 1793 ел 21 гыйнвардагы Париж булуы аермачык иде һәм мин инде моңа шик тотмадым. Моңа ышанганнан соң, мин шунда ук физикага мөрәҗәгать иттем. Бу фән әлеге табышмакка җавап бирергә тиеш иде.

Иң башта Җирнең урынын билгеләдем. Бу миңа үземнең кайсы йолдыз системасында икәнемне белергә ярдәм итте. Йолдыз Йөкче йолдызлыгындагы Альфа, башкача әйткәндә Капелла гына булырга мөмкин иде. Мин шул йолдыз системасындагы планеталарның берсендә идем. Җирдән алып бу йолдызга кадәр ераклыкны исемә төшерә алдым; ераклыкны белгәч, ул араны яктылык күпме вакытта үтәчәген исәпләү кыен түгел: Капелладан чыккан нур Җиргә 71 ел 8 ай һәм 24 көн үтмичә барып җитми. Җирдән чыккан нурга да Капеллага килеп житү өчен шулкадәр үк вакыт кирәк, әлбәттә

Кверенс. — Ләкин әгәр бу йолдызның яктылыгы безгә 72 ел диярлек вакыттан соң гына килеп җитә икән, димәк, без бу яктырткычны 72 ел элек булган хәлендә күрәбез?

Люмен. — Сез мине бик дөрес аңлагансыз. Без күк җисемнәренең берсен дә чынбарлыктагыча күрмибез. Без күк йөзенең хәзерге вакыттагы хәлен түгел, бәлки үткән заманнардагы хәлен күрәбез. Әгәр дә без күрә торган күк җисемнәрен бүген нинди дә

булса бер катастрофа җимерә калса, без күп гасырлар буе аларны һаман күреп торыр идек әле.

Бу теорияне мин күргән сәер фактны аңлату өчен куллану бик җиңел. Әгәр Җирдән караганда Капелла җитмеш ике ел элекке рәвешендә күренә икән, киресенчә булганда, ягъни Капелладан караганда Җир дә бу күзәтүгә кадәр 72 ел элекке хәлендә күренергә тиеш. Әлбәттә, бик күптән узган гасырларны күрү беренче карауга мөмкин түгел кебек тоела. Ләкин менә хәзер мин сөйләп бирәчәк нәрсә күңелне тагы да ныграк төшерә әле.

## 2. Ун еллар бер сәгатьтә үтеп китәләр

Люмен. — Мәйдандагы күренешләрдән читкә борылгач, борынгы стильдә салынган бер бинаның игътибарымны тартып торганын тойдым. Аның ян яктагы ишеге төбендә биш кеше күреп алдым. Алар арасында мин әтиемне таныдым, ләкин аны мондый итеп бервакытта да күргәнем юк иде; әниемне дә һәм туганнан туган абыемны да танып алдым, бу абыем моннан кырык ел элек үлгән иде. Никадәр гаҗәпкә калуымны сөйләп аңлата алмыйм. Күз алларым томанланып киткәндәй булды һәм мин әйберләрне аерып күрми башладым. Берәр минут буена үземне өермә алып киткәндәй тойдым. Әйберләрне тагын ачык итеп күрә башлагач, Пантеон мәйданында йөгерешкән балалар төркеменә күзем төште; алар мәктәптән кайталар иде булса кирәк, чөнки китап-дәфтәр тотканнар иде. Аларның икесе бик кызу бәхәсләшкәндәй тоелды, бу бәхәс менә-менә сугышка әйләнер кебек иде. Өченче малай аларны аерырга дип килде, ләкин аны төртеп җибәрделәр һәм ул җиргә барып төште. Егылган бала янына бер хатын йөгереп килеп җитте. Бу минем әнием иде. Җитмеш ел яшәү дәверемдә миңа күтелмәгәнчә гаҗәп нәрсәләрне бик күп күрергә туры килгәне бар, ләкин минем әле бу кадәр дулкынланганым юк иде: мин әлеге балада үз-үземне таныдым!

Кверенс. — Ничек? Үз-үзегезне?

Люмен. — Минем ни дәрәҗәдә танга калуымны күз алдына китерә алырсызмы! Мин бер үк вакытта ике рәвештә: тегендә — Җирдә һәм монда — простран-

ствода идем... Парижлагы чакларым күз алдымнан бер-бер артлы үтеп киттеләр. Мин үземнең университетка керүемне, политехник мәктәптә чыгарыш имтиханында булуымны күрдем. Шулай күз алдымнан ел артыннан ел узып китте. Үземнең өйләнгән вакытымны, сәяхәттә йөрүемне, гыйльми эшләр белән шөгыльләнгән чакларымны күрдем. Шул ук вакытта мин яңа тарих сурәтләренең бер-бер артлы алмашынуында катнаша идем.

Кверенс. — Бу вакыйгалар сезнең күз алдыннан бик тиз үтеп киттеләрмени?

Люмен. — Бу сурәтләр минем каршымда тәүлектән дә кыскарак вакыт эчендә чабып узгандыр, ахры.

Кверенс. — Ләкин, әгәр сез 72 еллык гомерегез дәвамында булган вакыйгаларны күргәнсез икән, моның өчен берничә сәгать түгел, бәлки шулай ук 72 ел кирәк булыр иде бит?

Люмен. — Үз тормышымның бөтен вакыйгаларын күздән кичерү өчен миңа 72 ел кирәк булмауның сәбәбен хәзер аңлатып бирәм.

Гомеремне күзәтә торгач, мин соңгы елларыма килеп җиттем. Мин соңгы вакытта танышкан дусларымны, шулар арасында сезне дә күрдем; кызымны, аның балаларын, гаиләмне, таныш-белешләремне күрдем. Ниһаять, үземнең үлем түшәгендә яткан минутым килеп җитте һәм мин үз үлемемне үзем күзәтеп тордым.

Күзәтү белән мавыгып, мин Капелланы ташлап киткәнмен дә Җиргә таба бик тиз очып барам икән. Мин Җиргә кайттым һәм мине күмәргә алып китү өчен җыенган чакта үз бүлмәмә килеп кердем. Кирегә сәяхәт иткән чакта мин яктылык нурларына каршы барганга күрә, Җир белән минем ара туктаусыз кыскара килде. Җирдән чыккан яктылык нурлары миңа килеп җиту өчен торган саен кимрәк ара үттеләр һәм, шулай итеп, бер-бер артлы булып узган күренешләр арасындагы вакыт һаман кыскара барды.

Минем каберемә керү ишегенә таш өеп бетергәндә, Кояш алтынлы кызгылт нурлар чыгарып сүнгән иде инде. Саф һәм ачык яктылык чыгарып җемелдәгән Капелланы күреп алдым. Шул чакны мин Җирне тагын оныттым һәм Капелланың кызыктырып чакырып торуына буйсындым. Мин аңа таба яктылык тизлегеннән шактый зуррак тизлек белән очып киттем.

### 3. Дөнья тарихының кирегә таба баруы

Бераз вакыттан Җиргә тагы карап аласым килде һәм, текәлеп күзәтә торгач, Кара диңгезгә соры төстәге өчпочмак рәвешендә кисеп кергән ярымутрауны күреп алдым. Аның көнбатыш ярында минем Җирдәге туганнарым күренде, алар аяусыз ерткычларча берберсен үтерәләр иде. Вәхшиләрчә сугышу гадәтләре турында уйлана башладым һәм Кырымның бу почмагында 800 000 кеше үлгәнен искә төшереп кайгыга калдым... Шуннан соң болытлар Европаны миннән капладылар.

Мин Капелла белән Җир арасында идем. Бераздан соң мин Парижга күз төшердем һәм урамнарда восстание күтәрелгәнне күреп бик гаҗәпләндем. Игътибар беләнрәк карагач, урамнарда корылган баррикадаларны да аермачык күрдем. Минем күз алдымда 1848 елның июль көннәре иде. 1854 елгы вакыйгалардан соң 1848 ел көннәре күренүнең сәбәбен аңларга минем зиһенем җитмәде...

Бик күптәнге вакыйганы күрергә мөмкин булуын аңласам да, вакыйгаларны кире тәртип белән күрү миңа артык хыялый булып тоелды. Мин, күз алдымда Җирне түгел, ә аңа охшаган башка бер күк җисемен күрәмдер, андагы тарих нәкъ киресенчә булгандыр, дип уйладым.

Ул арада планетаның гомуми күренеше шактый нык үзгәрде. Париж, Лион һәм Гавр ифрат үзгәрделәр һәм шактый гына кечерәйделәр. Аның каравы Версальнең иң шәбәйгән вакыты иде, ахры. Кабатлап әйтәм, минем каршымда Франция тарихы сүтелә бара, ләкин вакыйгаларның эзлеклелеге киресенчә иде. Республикадан соң корольләр чоры, ә аннары феодализм башланып китте. Бастилия террасасында мин Людовик XI не күрдем. Ә бераздан, Руандагы мәйданга карасам, Орлеан кызын утта яндыру фаҗигасе күренде.

Җиденче тәре походын карап торганнан соң, мин Өченче тәре походын күрдем һәм шунда Фридрих Барбароссаны сакалыннан танып алдым. Аннары Беренче тәре походын тамаша кылдым. Шулай итеп, мин Франция тарихының бик борынгы заманнарын үз күзләремнән кичердем. Париж юк иде инде, һәм Сена

суы чирәм белән таллар үскән ярлар буйлап ялкау гына агып ята иде.

Цивилизация үзәге көньякка күченде. Мин Рим империясенең иң бөек вакытларын күрдем. Соңрак, миңа Везувий вулканының бик көчле атуын күрергә туры килде; бу вакытта Геркуланум белән Помпея күмелеп калдылар.

Бераз соңрак мин Юлий Цезарьның үле гәүдәсен учакта күрдем. Цезарь заманнарыннан соң консуллар чоры, ә аннары Лациум чоры күз алдыма басты. Мин Мисыр колларының төркем-төркем булып пирамидалар төзегәнен күрдем. Галлияне (хәзерге Франция) тоташ урманнар каплаган, һәм анда яшәүчеләр хәзерге Океаниядәге вәхшиләргә бик охшаган иде. Минем күз алдымда таш гасыры иде...

Тагы да соңрак табигатьтә маймылларның ниндидер бер эре токымы, аюлар, арсланнар, гиеналар, мөгезборыннар патшалык итүен күрдем. Ниһаять, шундый бер заман килде, мин бу күк җисемендә бер генә кеше дә күрмәдем, хәтта анда кайчандыр кеше яшәүнең эзен дә очратмадым. Планета эрегән металл шарга охшаган һәм шул шарны металл парлары чолгап алган иде. Элегрәк аны яктыртып торган Кояшның яктысы бу шарныкы чамасында гына иде һәм Кояш үзе зурайганнан-зурая барды. Планета Кояш атмосферасы белән кушылганнан соң аның гомере бетәчәге миңа ачык иде.

Дөнья беткәнне теләсә кемгә күрергә туры килми. Мондый уй минем исемне китәрде һәм мин: „Дөнья бетүе менә ничек була икән!“ диюдән тыелып кала алмадым.

„Юк, бу азак түгел, Җирнең тууы бу, — диде миңа ниндидер бер эчке тавыш. — Син, яктылыктан да тизрәк очып бу планетадан ераклаша барганда, Җирнең бөтен тарихын күреп чыктың. .“

Бу нәрсәне аңлау миңа артык шаккатыргыч булып тоелмады. Вакыйгаларның кайбер ваклыкларын күргәч, мин шундыйрак нәрсә булырга тиешлеген томанлы гына сизенә башлаган идем инде.

## 4. Сугыш ахырдан башланып китә

Ватерлоо янындагы сугышны мисал итеп алыйм Сугыш кырын күрә башлагач та, мин җирдә яткан үле гәүдәләрне — үлем эшләгән дәһшәтле эшләрне күрдем.

Томан аша мин Наполеонны күреп алдым, ул атын тезгеннән тоткан да сугыш кырына арты белән якынлашып килә иде. Аңа ияргән офицерлар да шулай ук чигенеп хәрәкәт иттеләр. Кайбер туплар инде ут та ачтылар. Тирә-юньгә күз ияләшкәч, мин үле солдатларның терелүен һәм аякка басуларын күреп алдым. Солдатлар рәт-рәт булып терелә башладылар һәм терелүчеләр тиздән шактый ишәеп киттеләр. Үлгән атлар да кешеләр кебек үк аякка баса башладылар, җан кергән атларга шунда ук җайдаклар менеп атлана иде. Ике яки өч мең солдат терелгәч тә, алар саф-саф булып тезелделәр. Ниһаять, гаскәрләр аяусыз сугыш башлап җибәрделәр. Сугыш башлану белән һәр ике якның солдатлары терелә башлады. Французлар, инглизләр, пруссаклар, немецлар, ганноверлылар, бельгиялеләр — соры шинельләр, зәңгәр, кызыл, яшел, ак мундирлар — үлем кырыннан торып бастылар да сугышырга тотындылар.

Иң гаҗәбе шул булды: сугыш аяусызрак һәм дәһшәтлерәк барган саен, сугышучылар саны арта һәм туптан атып тидергән саен бер өем үлгән солдат терелеп сафка баса иде. Гаскәрләр көне буе бер берсенә картечь, ядрә, гранаталар, пулялар яудырдылар, прикладлар белән орыштылар, штыклар, шпагалар һәм кылычлар белән чәнчештеләр һәм, ниһаять, сугыш тукталгач, һәр ике якта бер генә үлгән яки яраланган кеше дә калмады. Ертылган мундирлар үзләреннән-үзләре ямалдылар һәм гаскәрләр дә берсе артыннан берсе акрын гына китеп бардылар.

## 5. Вакыт елгасы буйлап үргә таба

Кверенс. — Мин бу күренешне аңламыйм һәм, әгәр аның сәбәбен аңлатып бирсәгез, сезгә рәхмәт әйтер идем.

Люмен. — Сез үзегез дә төшенергә тиеш, чөнки Җирдән яктылыкка караганда тизрәк ераклаша баруым сезгә мәгълүм бит.

Башта үзегезне яктылык тизлеге кадәр тизлек белән Җирдән ераклашам дип күз алдына китерегез. Киткән чакта Җир ни хәлдә булса, аның шул ук сурәте һаман сезнең күз алдыгызда торыр.

Әгәр шул рәвешчә мең яки хәтта йөз мең ел сәя-

хәт итсәгез дә, сезгә шул ук сурәт ияреп барыр; аны фоторәсем белән чагыштырырга мөмкин, оригинал үзе күптән инде үзгәреп картаеп бетсә дә фоторәсем шул килеш кала бит.

Хәзер инде яктылык тизлегеннән дә артык тизлек белән Җирдән ераклашам дип фараз итегез. Ни килеп чыгар соң? Җирдән сезгә караганда алдарак чыгып киткән яктылык нурларын куып узарсыз, ягъни Җир шарында булган вакыйгаларның секунд саен тирә-юньгә очып китүче фоторәсемнәрен куып җитә барырсыз. Яктылыктан тизрәк хәрәкәт итеп, Җирдән алдагы елларда чыгып киткән һәм шул елларга туры килүче фоторәсемнәрне үзләре белән алып баручы яктылык нурларын очратырсыз.

Галәмдә яктылыктан да тизрәк сәяхәт итеп, сез борынгыдан-борынгы заман сурәтләрен очрата барасыз. Шулай итеп, сез вакыт елгасы буйлап үргә таба күтәрелә аласыз.

## Шулаймы икән?

Яктылык тизлегенең чикле булу нәтиҗәләре турында Фламмарион хикәясеннән алынган өземтәләр менә шулар. Яктылык тизлегенең табигатьтә мөмкин саналган иң зур тизлек икәне һәм гаять зур тизлекләрне гади тизлекләрне кушканча кушарга ярамау хикәя язылган заманнарда билгеле булмаган әле. Махсус чагыштырмалылык теориясе яктылыктан да зуррак тизлек була дип уйлауның табигать законнарына каршы килгәнен әйтеп бирә. Фламмарион уйлап чыгарган һәм яктылык нурларын күрүгә сәләте булган күзәтүче дә физика законнарына буйсынырга тиеш иде, әлбәттә. Француз астрономының фикер йөртүендә башка ялгышлыклар да бар. Фламмарион әйткәннәрне кыскача кабатлап чыгыйк:

1) Җиргә бик ерактан торып карасаң, күзәтә башлаганга кадәр булган вакыйгаларны күрергә мөмкин.

2) Яктылык тизлеге кадәр тизлек белән Җирдән ераклашканда, Җирдәге күренешләрне туктап калган итеп күрергә мөмкин.

3) Яктылыктан тизрәк хәрәкәт итеп Җирдән ераклашканда, Җирдәге күренешләрне кире тәртиптә күрергә мөмкин.

Һәр фикерне аерым-аерым тикшерик.

1) Беренче пунктта Фламмарион яшәгән чорда хата булмаган. Ләкин яктылыктан тизрәк сәяхәт итүне кире кага торган хәзерге карашлар буенча, бу пункт чынбарлыкка һич туры килми. Сүз дә юк, билгеле бер ераклыктан торып, Жирдә күптән булган вакыйгаларны күрергә мөмкин. Ләкин, Җир күзәтүчесе аларны күрсен өчен, күзәтү урынына ул яктылык барып җиткәнгә кадәр өлгерергә тиеш, юкса тиешле нурлар бу урыннан ераккарак узып китәрләр. Ләкин чагыштырмалылык теориясе, яктылыктан тизрәк хәрәкәт итү, аны узып китү мөмкин түгел, дип өйрәтә. Димәк, җир күзәтүчесе җирдә элек булган вакыйгаларны берничек тә күрә алмый. Аларны Капелла яки башка йолдыз системасында яшәүче күрә алыр иде, — ләкин, безнең бүгенге көнебез турында һичнәрсә белә алмаганлыктан, күргән вакыйгалары аңа үткән заманнардагы булып тоелмаслар.

2) Яктылыктан тизрәк хәрәкәт итеп була дип фараз итсәк тә, икенче фикер дөрес булмас иде. Чөнки, әгәр яктылык та, күзәтүче дә бердәй тизлек белән хәрәкәт итәләр икән, бу — алар бер-берсенә карата тик торалар, дигән сүз. Мондый шартларда күзәтүче яктылык дулкыннарын сизә алмый. Атып торган пулеметтан пуля тизлеге белән читкә таба очучыны күз алдына китерегез; аңа берәр пуля тиярме? Әлбәттә, юк. Күзләрен йомса, ул хәтта пулялар болыты эчендә хәрәкәт иткәнен дә белмәс иде.

3) Өченче фикергә килсәк, яктылык тизлегеннән зуррак тизлек мөмкин булганда да, бу фикер ялгыш булыр иде. Люмен туктап торганда гына Жирдә булган сурәтләрне бер-бер артлы күрә алыр. Ләкин өзлексез хәрәкәт иткәндә ул берни дә күрмәс, ким дигәндә Җир калган якта берни күрмәс иде. Никадәр гаҗәп булуга да карамастан, ул Жирне капма-каршы якта гына күрә алыр!

Һич көтелмәгән нәтиҗәне ачыклау өчен, шушындый бер гади мисал алып карыйк. Бер туп бар һәм ул секунд саен ядрәләр атып тора, дип күз алдына китерегез; ул ядрәләр тигез тизлек белән һаман алга таба очалар, ди. Ул чакта билгеле бер туры сызык буенча ядрәләр өзлексез хәрәкәт итеп торыр һәм

аларның аралары бертигез булыр. Хәзер инде үзегез дә шул сызык буенча ядрәләр тизлегеннән зуррак тизлек белән очасыз, дип күз алдына китерегез. Ядрәләр сезгә а р т т а н, туп ягыннан килеп бәрелерме соң? Юк, алар сезгә а л я к т а н килеп бәрелерләр, яки, дөресрәк итеп әйткәндә, сез башта әле генә җибәрелгән ядрәләргә, аннары элегрәк атылганнарына килеп бәрелерсез. Әгәр сез тупның кайда торуын белмәсәгез һәм үзегезнең хәрәкәт итүегезне сизмәсәгез, сезгә ядрәләр алдан килеп бәрелгәндәй тоелыр һәм сез ядрәләр атучы туп та нәкъ шул якта — алда дип уйларсыз.

Ядрәләрне яктылык дулкыннары белән, ә үзегезне Люмен белән алыштырыгыз: шартлар шундый булганда Люменның Җирне ул торган урында күрмичә, нәкъ капма-каршы якта күрергә тиешлеген сез җиңел аңларсыз. Җирдәге вакыйгалар кире тәртип белән генә түгел, бәлки Люмен һич тә көтмәгән якта күренерләр иде[1].

Фламмарион хикәясендә, югарыда әйтелгәннәрдән тыш, Доплер күренешенә дә игътибар ителмәгән әле: яктылык чыганагыннан ераклашып бара торган күзәтүче барлык төсләрне үзгәргән итеп күрергә тиеш, чөнки яктылык тирбәнешләре аның күзләренә сирәгрәк килеп керәләр. Мәсәлән, әгәр күзәтүче яктылык тизлегенең $^1/_3$ өлеш кадәр тизлек белән хәрәкәт итсә, ул яшел төс урынына караңгы кызыл төс күрер, ә сары, әфлисун һәм кызыл нурлар аның өчен инфракызыл нурларга, ягъни кеше күзе сизә алмый торган нурларга әверелер. Шуңа күрә Фламмарион язган күзәтүче туктап торганда гына төсләрне дөрес итеп күрә алыр иде.

## Галәм океаны буйлап

Галәм буйлап сәяхәт итү турында сөйләгәндә, яктылыкның тагы бер үзенчәлеген әйтеп китү кызыклы булыр. Кайбер кешеләр бу үзенчәлек дөнья океаны

---

[1] 2 һәм 3 нче пунктларда күрсәтелгән хаталар күзгә ташланып торалар һәм мин, мәктәптә укыган чагымда ук, Фламмарион хикәясен тәрҗемә иткән астрономга аларны күрсәткән идем. Бераз соңрак мин алар турында авторның үзенә дә хәбәр иттем.

буйлап сәяхәт итәргә мөмкинлек бирер дип өметләнделәр. Мин яктылыкның басымы турында әйтергә телим.

Инглиз физигы профессор Пойтинг „Яктылык басымы“ дигән китабында болай яза:

„Давыл вакытында буа җимерелгәнен күзәтеп, без диңгез дулкыннарының ярга бәрелеп басым ясауларына җиңел ышанабыз. Ләкин микроскопик яктылык дулкыннарының да төшкән һәр әйбергә басым ясауларына ышану кыен; мәсәлән, кабызылган лампа яктылык чыганагының үзенә һәм яктыртылган өслекләргә басым ясый, дигәнгә бик ышанасы килми. Хәлбуки хәзер безгә яктылыкның шундый басым ясавы ачык билгеле нәрсә“. Чынлап та, мондый басым 1901 елны рус физигы П. Н. Лебедев тарафыннан тәҗрибә юлы белән ачылды.

Бу басымның ифрат кечкенә булганын әйтергә ашыгам; Кояш нурлары Җир өстенең һәр квадрат метрына ярты миллиграмм көч белән, ягъни квадрат километрга ярты кило көч белән басалар. Җир шарының Кояшка караган ягына Кояш нурлары тулаем алганда 60 мең тонна басым ясыйлар. Бу сан гаять зур булып тоела. Ләкин әгәр мин, Җирне Кояш тарткан көчкә караганда бу көчнең 60 миллион миллион тапкыр кечерәк икәнен әйтсәм, сез ул санны бик зурламас идегез! Асылда бу басым мең паровоз авырлыгы дигән сүз генә бит.

Ваграк җисемнәр өчен яктылык басымы белән тартылу көчләре арасындагы чагыштырма Җир белән булган чагыштырмага караганда зуррак вакланма рәвешендә күрсәтелә. Бу аңлашыла да, чөнки яктылык нурларының басымы җисемнең өслегенә пропорциональ, ә тартылу көче массага, ягъни күләмгә пропорциональ. Әгәр Җир шарының аркылысы ике тапкыр кечерәк булса, аның күләме, димәк, массасы да 8 тапкыр кечерәер, өслеге исә 4 тапкыр гына кимер, шуңа күрә аның тартылышы 8 тапкыр кечерәер, ләкин нурлар басымы фәкать 4 тапкыр гына кимер иде.

Моннан кызыклы бер нәтиҗә килеп чыга. Яктыртыла торган җисемнең аркылысы кимегәндә Кояш нурларының этү көче тарту көченә караганда акрынрак кимегәнлектән, җисемнең зурлыгы җитәрлек кадәр кечкенә булганда бу көчләр тигезләнергә тиеш.

Диаметры миллиметрның меңнән бер өлешеннән дә кечерәк булган микроскопик су тамчысы (яки су тыгызлыгындагы башка бер матдә кисәкчеге) Җир ераклыгында торса, Кояштан этелү көче тартылу көченә тигез икәнен хисаплап чыгарганнар. Икенче төрле итеп әйткәндә, мондый тамчыны Кояш тартмаган кебек була. Тагын да ваграк тамчылар өчен яктылык басымы Кояш тартуыннан инде зуррак булырга, ягъни мондый тамчыны Кояш нурлары э т ә р г ә тиеш. Дөрес, бу очракта яктылык басымының тартылу көченнән артыклыгы юк дәрәҗәсендә кечкенә көч тудыра, ләкин бу тамчының массасы да ифрат кечкенә бит.

Яктылык нурлары мондый тамчыга секундына берничә йөз, хәтта берничә мең километр тизлек тапшыралар икән, монда бер дә гаҗәпләнерлек урын юк.

Бик кечкенә бактерияләр, бигрәк тә аларның споралары (яралгылары) атмосфераның югарыгы чикләренә килеп җитсәләр, безнең планетаны ташлап иксез-чиксез дөнья киңлегенә һаман арта барган гаять зур (секундына меңәр километр) тизлек белән китә алалар. Хәзер инде бу гаҗәп булып тоелмый торгандыр. Кайбер галимнәр хәтта тереклек яралгылары шушындый юл белән бер планетадан икенчесенә күчә алалар дип фараз итәләр...

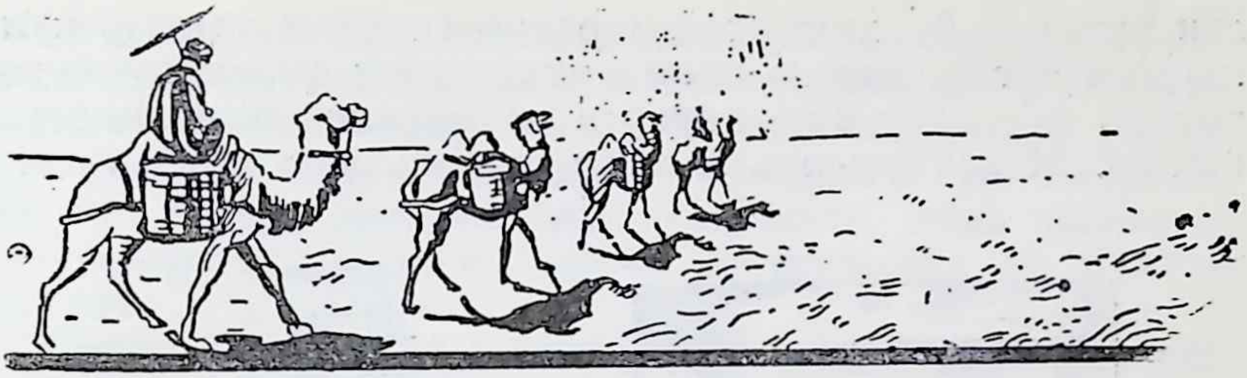
Җир тарту көчен җиңү өчен мондый тизлек артыгы белән җитәрлек: тизлек секундына 11 *км* булганда да җисемнәрнең Җир өстеннән мәңгегә ераклашып китәргә тиешлеге мәгълүм.

Бәлки, сез: планеталарга сәяхәтләр өчен кеше дә шушы ысулдан файдалана алмыймы икән? дип уйлап куйгансыздыр. Юк, чөнки моның өчен төзелгән җайланмада өслекнең массага чагыштырмасы гаять вак бактерияләрнеке кебек булырга тиеш.

Техник яктан моны эшләп булмый, һәм яктылык нурларыннан файдаланып галәм океаны буйлап сәяхәт итү турындагы уй (романистлар еш кына шундый фикер әйтеп чыккалыйлар) — тормышка ашмый торган хыял ул[1].

---

[1] Бу фикер минем „Планетаара сәяхәтләр" дигән китабымда тикшерелгән.



СИГЕЗЕНЧЕ БҮЛЕК.

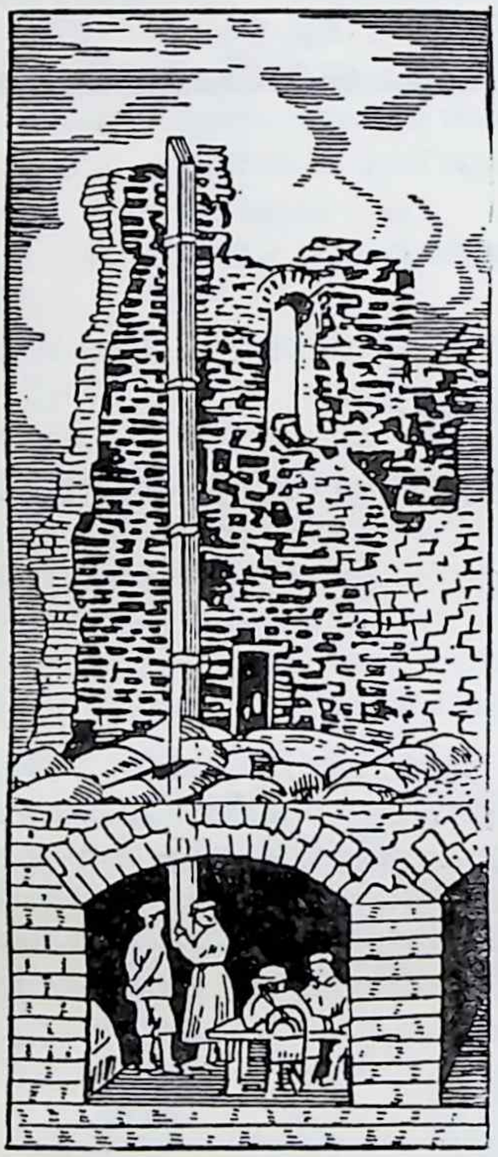
## ЯКТЫЛЫКНЫҢ КАЙТАРЫЛУЫ ҺӘМ СЫНУЫ.

### Стеналар аша күрү

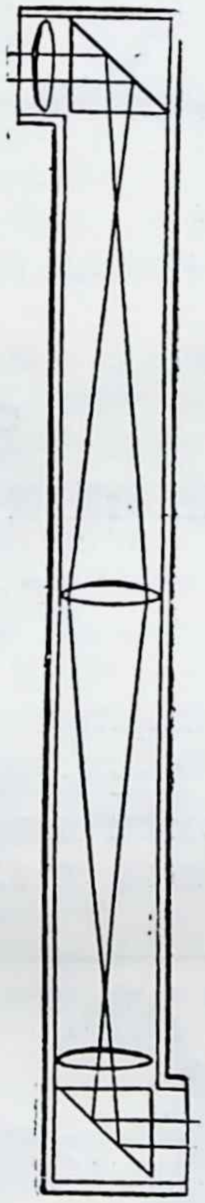
Узган гасырның 90 нчы елларында „Рентген аппараты" дигән бик күпертелгән исемле прибор хәзер сатыламы, юкмы икәнен белмим. Бу прибор көпшәсыман итеп эшләнгән иде. Шуны хәтерлим — әле укучы бул-

102 нче рәсем. Ялган рентген аппараты.

ган чагымда бу хикмәтле нәрсәне беренче тапкыр кулларыма алгач, минем исем киткән иде: үтәли күренми торган нәрсәләр аша карарга мөмкинлек бирә иде ул көпшә! Мин тирә-юньне калын кәгазь аша гына түгел,



103 нче рәсем. 1914—1918 нче елларда немецлар кулланган перископ.



104 нче рәсем. Су асты көймәсендәге перископның схемасы.

хәтта пычак йөзе аша да күрдем, ә ул чын рентген нурларын да үткәрми бит. 102 нче рәсемгә карасагыз бу уенчыкның төзелү хикмәте сезгә шунда ук ачылыр. Анда ул көпшәнең борынгы үрнәге күрсәтелгән. 45° лы почмак ясап авыштырып куелган дүрт көзге нурларны берничә мәртәбә кайтаралар һәм бу нурлар әлеге үтәли күренми торган әйберне әйләнеп узалар.

Ленинградта Елагин атавындагы минем проект буенча оештырылган кызыклы фән павильонында бу борынгы экспонат тормышка кабат кайтарылды. Тамашачылар тирә-юньдәге яшел агачларга үзләренең уч төпләре аша бик гаҗәпләнеп карадылар. Эшнең нидә икәненә үз көчләре белән генә төшенә алмаучылар да булгалый иде.

Хәрби эшләрдә дә шундый ук приборлардан бик еш файдаланалар. Траншеяда утырган килеш, башны җир өстеннән күтәрмичә һәм үзеңне ут астына куймыйча, дошманны күзәтергә мөмкин; моның өчен „перископ" дигән җайланма аша карарга кирәк (103 нче рәсем).

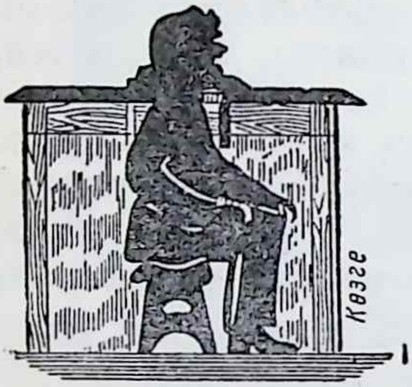
Яктылык нурларының перископка кергән урыннан алып күзәтүче кешенең күзләренә кадәр үткән юлы озынрак булган саен, прибор аша күренә торган урыннар да кечерәя бара. Күренү кырын зурайту өчен оптик пыялалар системасы кулланыла. Ләкин пыялалар перископка кергән яктылыкның бер өлешен йоталар, шуңа күрә әйберләр ачык күренмиләр. Бу хәл перископның биеклегенә чик куя; ике дистә метрны инде чик биеклек дип әйтергә ярый. Тагы да озынрак перископларның күрү кыры артык кечкенә була һәм алар тонык сурәт бирәләр, болытлы көннәрне сурәтләр аеруча начар күренә.

Су асты көймәсенең капитаны да үзе һөҗүм иткән судноны перископ ярдәмендә күзәтә; аның перископы бер башы судан чыгып торган көпшәдән гыйбарәт. Бу перископлар коры җирдә кулланыла торган перископка караганда шактый катлаулырак, ләкин аларның асылы шул ук: перископның чыгып торган өлешенә беркетелгән көзгедән (яки призмадан) нурлар кайтарыла, аннары алар көпшә буйлап баралар, аның түбәнге өлешендә тагы кайтарылалар һәм күзәтүче кешенең күзенә килеп керәләр (104 нче рәсем).

## Сөйләшә торган кисекбаш

Провинция буйлап күчеп йөрүче „музейларда" һәм „паноптикумнарда" бер „могҗиза" еш кына күрсәтелеп килде. 1935 елда моңа охшаган трюкны Ленинградтагы „Мюзик-Холл" театрында да күрергә мөмкин иде. Хикмәтнең нидә булуын белмәгән кешенең ул чынчынлап исен китәрә: сез күз алдыгызда тәлинкә куел-

ган кечкенә генә өстәл күрәсез, ә тәлинкәдә... кеше башы ята — күзләрен йөрткәли, сөйләшә, ашый! Өстәл астында гәүдә яшерерлек урын да юк кебек. Хәер, өстәл кырына ук килеп булмый,— өстәлне сездән киртә аерып тора,— шулай да сез өстәл астында берни дә юклыгын ачык күрәсез.




105 нче рәсем. „Кисекбашның“ сере.

Мондый могҗизаны тамаша кылырга туры килсә, өстәл астына кәгазь бөтәрләп ыргытып карагыз. Сер шунда ук ачылыр: кәгазь... көзгегә барып бәрелер дә кире сикерер! Әгәр ул өстәлгә кадәр барып җитә алмаса да, анда көзге барлыгын ачып салыр, чөнки көзгедә кәгазьнең сурәте күренер (105 нче рәсем).

Өстәл асты буш булып күренсен өчен, өстәл аяклары арасына көзгеләр куеп чыгу җитә. Әлбәттә инде, көзгедә бүлмә җиһазлары яки халык чагылып күренмәскә тиеш. Менә шуңа күрә бүлмә буш булырга, стеналар барысы да бертөсле, идән бер үк төскә буялган һәм бизәксез булырга, ә тамашачылар җитәрлек кадәр ерак торырга тиешләр.

Хикмәт бик гади, хәтта көлке тоела, ләкин эшнең нидә булуын белгәнгә кадәр бөтенләй югалып каласың.

Кайчакта фокусны тагын да эффектлырак итеп әзерлиләр. Фокусник башта буш өстәл күрсәтә: аның астында да, өстендә дә берни юк. Аннары сәхнә артыннан ябык тартма китерәләр, бу тартмада, янәсе, „гәүдәдән аерылган тере баш“ була (чынлыкта исә тартма буш). Фокусник бу тартманы өстәлгә куя да, аның алгы ягын ачып җибәрә,— һәм таң калган тамашачылар тартма эчендә сөйләшә торган кисекбаш күрәләр. Өстәл өстендә ачылмалы тишек барлыгын һәм, буш тартма китереп куйгач, өстәл астында көзгеләр артында утыручы кешенең башын шул тишектән чыгарганына төшенгәнсездер инде. Фокусны башкачарак итеп тә күрсәтәләр, ләкин без монда аның барлык вариантларын санап тормабыз: күргәч, сез аларның серен үзегез дә аңлап алырсыз.

## Алданмы әллә арттанмы?

Көнкүрештәге күп кенә әйберләр белән дөрес эш итә белмәүче кешеләр дә еш очрый. Кайберәүләрнең боздан файдалана белмәүләрен — эчемлекләрне суыту өчен боз астына куймыйча, боз өстенә куюларын алдарак күрсәтеп узган идек инде. Гади көзгедән дә һәр кеше файдалана белми икән әле. Көзгедә үзләрен күрү өчен лампаны артка куеп „үз сурәтләрен яктыртучылар" атлаган саен очрый, ә аларга үзләрен яктыртырга кирәк бит!

Йөз хатын-кыздан туксан тугызы шулай эшли. Бу китапны укыган хатын-кыз, лампаны алга куяр дип өметләнәбез.

## Көзгене күреп буламы?

Гади көзгене яхшылап белмәвегезгә менә тагы бер дәлил: көзгегә көн саен карангалап торсалар да, бүлек башында куелган сорауга күпчелек ялгыш җавап бирә.

Көзгене күреп була дип уйлаучылар ялгышалар. Яхшы һәм чиста көзгене күреп булмый. Көзгенең рамын, аның кырыйларын һәм анда чагылган әйберләрне күрергә мөмкин,— ләкин көзгенең үзен, әгәр ул пычрак булмаса, күрергә мөмкин түгел. Яктылыкны кайтара торган һәрбер өслек, яктылыкны чәчүче өслекләрдән аермалы буларак,— үзе күренми. (Чәчүче өслекләр дип яктылык нурларын төрле юнәлешләрдә чәчеп җибәрә торган өслеккә әйтәләр. Яктылыкны кайтаручы өслекләрне без көнкүрештә ялтыравыклы дип, ә чәчүче өслекләрне тонык дип йөртәбез.)

Көзгеләрдән файдалануга нигезләнгән барлык трюклар, фокуслар һәм иллюзияләр,— шул исәптән, кисекбаш белән күрсәтелә торган алдау да,— көзге үзе күренмичә, әйберләрнең анда чагылып күренүенә нигезләнгәннәр.

## Хайваннар көзге каршында

Көзгедәге сурәтләрен күргән хайваннарның үз-үзләрен тотышы бик кызыклы. Күп кенә хайваннар бу сурәтне бөтенләй күрмиләр. Мин никадәр тырышсам да песигә үз сурәтен күрсәтә алмадым. Икенче бер песине күргәндә, песидә ис сизү тәэсирләре дә була бит, шул

сәбәптән ахры минем тәжрибәмдә иллюзия югалды. Су эчәргә килгән хайваннар үзләренең суда чагылган сурәтләреннән бәлки шул сәбәпле курыкмыйлардыр? Этләр һәм атлар белән мин тәжрибә ясап карамадым. Аның каравы маймылларның көзге иллюзиясеннән алдануларына шикләнмәскә мөмкин. Ленинградтагы зоология бакчасында күзәтүләр алып барган кеше менә нәрсәләр сөйли:

„Стенадагы ачык вольерда идәнгә көзге корып куелган иде. Иртәнге якта ике гамадрил тышкы читлеккә чыгарга теләде, ләкин аның эчендә ниндидер яңа әйбер барлыгын күргәч, алар курыктылар һәм качып киттеләр. Гамадриллар, чыгарга куркып, озак кына посып-посып күзәтеп тордылар. Яңа нәрсәнең тик торуын күреп һәм ялтыравына кызыгып алар, ниһаять, акрын гына вольерга чыктылар да узып барганда көзгегә карамаска, аннан читтәрәк үтәргә тырыштылар. Бу гаҗәеп әйбергә тагы бер кат борылгач, алар һич көтмәгәндә үзләренең сурәтләрен күреп алдылар да, яңа иптәшләр килгән дип уйлап, куанычтан кычкырып җибәрделәр һәм яңалыкны башка гамадрилларга хәбәр итәргә чаптылар.

„Вольерның бөтен халкы көзге каршына җыелды. Маймыллар яңа иптәшләренә кулларын сузып карадылар, нидер мыгырдадылар һәм, күрәсең, аларны үзләренә кушылырга чакырдылар.

„Ләкин яңа иптәшләренең вольерга керергә теләмичә киреләнүе маймылларның ачуын кузгатты, алар дусларча ягымлы итеп сөйләшүдән туктадылар, чырайларын сыттылар. Көзгедәге яңа якташлары бер дә дәшмәстән шундый ук гримасалар һәм хәрәкәтләр белән җавап бирделәр, бу исә маймылларның ачуын тагы да кабарта төште.

„Маймылларга хезмәт күрсәтүче хатын берничә мәртәбә азык китерде, ләкин гамадриллар аңа бер дә игътибар итмәделәр һәм көзгедән читкә китәргә уйлап та карамадылар. Ниһаять, азыкның иң тәмлесе — гоголь-моголь дигән аш китерелде һәм ачыккан маймыллар чакырган тавышка киттеләр. Ләкин, көзгедән бер-ике адым читкә китеп борылып карагач, алар яңа иптәшләренең дә китеп баруларын күреп алдылар! Аларны югалтудан бик курыккан маймыллар гоголь-могольгә кул селтәделәр һәм яңадан көзгене тикшерергә тотын-

дылар. Көзгенең ачык ишек түгел икәненә һәм аның аша кереп-чыгып булмауга ышангач, гамадриллар көзгенең арт ягына күз салмакчы булдылар, аны стенадан кубарырга тырышып карадылар; ләкин аларның маташулары бушка китте, һәм яңа танышларының күренү сәбәбе аңлашылмый калды.

„Кичен, вакыт бик соңаргач, көчләрен бушка түгеп арып-талып беткән һәм ачыккан маймыллар йокларга китеп бардылар. Ә иртә белән алар һәммәсе торып көзге тирәсендә утыралар иде. Алар көзге янына һәр иртә саен килеп, яңа иптәшләренең күренү серен ачарга шулкадәр нык тырыштылар — моңа искитәрлек. Маймыллар юньләп ашап-эчми башладылар һәм көннәр буе көзге тирәсендә утырдылар. Бер атнадан көзгене алып куярга туры килде, шуннан соң вольердагы тормыш тагы элекке эзенә кайтты“.

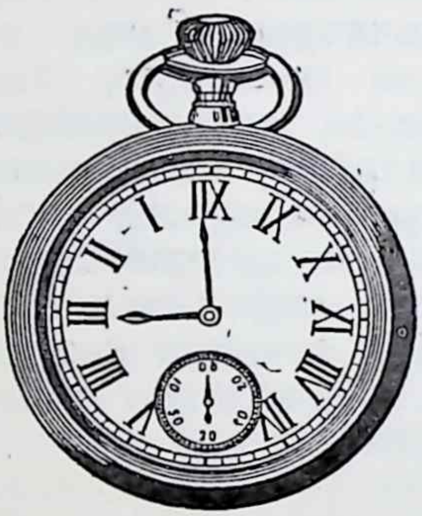
## Көзгегә карап без кемне күрәбез

„Әлбәттә, үзебезне. Көзгедәге сурәтебез безнең бик төгәл күчермәбез һәм ул бөтен ваклыклары белән безгә охшаган“,— дияр һәркем. Күп кеше шулай уйлый.

Ләкин бу охшашлыкны тикшереп карагыз әле. Сезнең уң як битегездә миң бар,— сезнең иштәш сурәтегезнең уң яңагы чиста, ләкин аның сул битендә бер тап бар. Ә сезнең ул ягыгызда тап юк иде. Сез чәчегезне уңга таба тарыйсыз, сезнең сурәтегез аны сулга яткырып тарый. Сезнең уң кашыгыз сул кашыгыздан өстәрәк тә, куерак та, аның исә уң кашы түбәнрәк һәм сирәгрәк. Сез сәгатегезне жилетның уң кесәсендә, ә күңел дәфтәрегезне пиджакның сул кесәсендә йөртәсез, көзгедәге иш сурәтегезнең гадәтләре башка: аның күңел дәфтәре пиджакның уң кесәсендә, сәгате — жилетның сул кесәсендә. Аның сәгатендәге циферблатка игътибар итегез. Сезнең беркайчан да мондый сәгатегез булганы юк: цифрлар анда гадәттәгечә язылмаганнар, аларның урнашуы да гадәттәгечә түгел; мәсәлән, сигезле цифр күз күрмәгән IIX билгесе белән тамгаланган һәм унике урынына сугылган; уникe үзе бөтенләй юк; алтыдан соң биш китә һ. б.; өстәвенә, сезнең көзгедәге сурәтегезнең сәгатендә уклар гадәттәгегә капма-каршы йөриләр (106 нчы рәсем).

Ниһаять, сезнең сурәтегезнең бер физик кимчеле-

ге бар, ул сулагай, сездә исә мондый кимчелек юк иде. Сезнең сурәтегез сул кулы белән яза, кием тегә, ашый һәм әгәр дә сез аның белән күрешергә теләсәгез, ул сезгә сул кулын суза.



106 нчы рәсем. Көзгедә күренгән сурәтегезнең сәгате менә шундый була.

Сурәтегез укый-яза беләме? дигән сорауны хәл итү җиңел түгел. Һәрхәлдә, аның укуы да, язуы да үзенә бертөрле. Ул тоткан китаптан бер юл укып чыга алырсызмы яки сурәтегез сул кул белән сызгалаган кәкреләрдә берәр сүз таный алырсызмы икән—бусы шикле.

Сезнең белән охшашлыкка дәгъва итүче кеше әнә шундый! Ә сез аңа карап үзегезнең тышкы кыяфәтегез турында хөкем йөртмәк буласыз...

Шаяртуны читкә куйыйк: әгәр көзгегә карап үземне күрәм дип уйласагыз,— сез ялгышасыз. Күпчелек кешеләрнең йөзе, гәүдәсе һәм кием төгәл симметрияле түгел (гадәттә без моны сизмибез): уң як сул якка охшап ук җитми. Көзгедә безнең уң яртыбызның үзенчәлекләре сул якка һәм киресенчә күчәләр, шуңа күрә безнең каршыбызда күренгән фигура үзебезгә караганда бөтенләй башка тәэсир калдыра.

### Көзге каршында рәсем төшерү

Көзгедәге сурәтнең әйбернең үзенә охшамавы түбәндәге тәҗрибәдә бигрәк тә ачык күренә (107 нче рәсем).

Каршыгызга туп-туры бастырып көзге куегыз да аның алдына кәгазь җәеп шунда берәр фигура, мәсәлән, диагональләр белән турыпочмаклык рәсеме ясарга тырышып карагыз. Рәсем төшергән чакта үз кулыгызга карамыйча, көзгедә чагылып күренгән кулыгызның гына хәрәкәтен күзәтегез.

Беренче карауга бик җиңел кебек тоелган бу эшне башкарып чыгып булмый диярлек. Безнең күрү һәм хәрәкәт тойгыларыбыз күп еллар буе җайлашып килгәннәр. Көзге, кулыбызның хәрәкәтен бозып күр-

сәтеп, әлеге бәйләнешне юкка чыгара. Сезнең һәрбер хәрәкәтегезгә элек-электән үк килгән гадәтләрегез каршы торыр: сез сызыкны уңга үткәрергә теләрсез, кулыгыз исә сулга таба тартыр һ. б.

Көзге каршында гади сызым урынына катлаулы фигуралар төшерергә яки көзгегә карап ни дә булса язарга теләсәгез, тагы да ныграк гаҗәпләнерсез: көлке һәм буталчык нәрсәләр килеп чыгар!

107 нче рәсем. Көзге каршында рәсем төшерү.

Киптергеч кәгазьгә төшә торган сурәтләр дә симметрик булалар. Киптергеч кәгазьне чуарлап бетергән язуларга күз салыгыз да аларны укырга тырышып карагыз. Сез иң ачык күренгән сүзне дә укый алмассыз: хәрефләр, гадәтегезгә каршы, сулга авышканнар һәм тагы да әһәмиятлесе шул — алардагы сызыкларның тәртибе дә сез күнеккәнчә түгел. Кәгазь белән туры почмак ясатып көзге бастырып куегыз, — һәм сез хәрефләрне үзегез күнеккәнчә итеп күрерсез. Язылган сүзләрнең симметрик сурәте булган нәрсәне көзге тагы симметрик рәвештә чагылдырып күрсәтә.

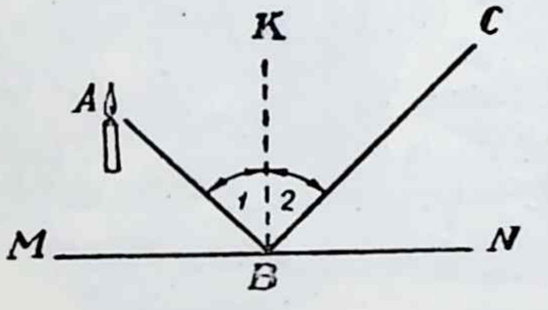
## Исәп-хисапны белә торган яктылык

Бериш тирәлектә яктылыкның туры сызык буенча, ягъни иң тиз барырлык юл буйлап таралуын без беләбез инде. Ләкин яктылык бер ноктадан икенчесенә турыдан бармыйча, башта көзгедән кире кайтарылып барганда да иң тиз йөрерлек юлны сайлый.

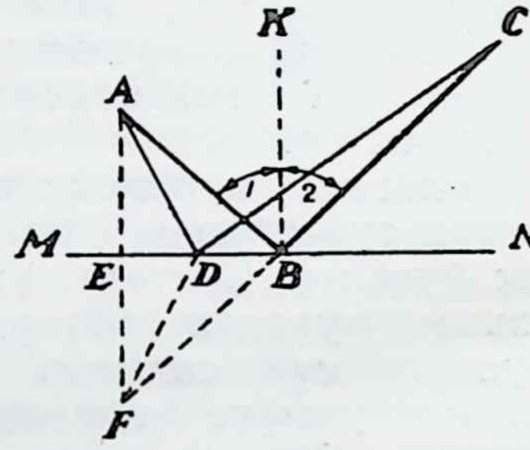
Аның юлын күздән кичерик. 108 нче рәсемдә $A$ ноктасы — яктылык чишмәсе. $MN$ — көзге, $ABC$ сызыгы яктылык нурының шәмнән алып күзгә ($C$) кадәр юлы булсын. $KB$ турысы $MN$ га перпендикуляр.

Оптика законнары буенча, кайтарылу почмагы (*2*) төшү почмагына (*1*) тигез. Моны белгән хәлдә, $A$ дан алып $MN$ көзгесенә һәм аннан $C$ ноктасына кадәр булган төрле юллар арасыннан $ABC$ юлының иң кыска икәнен исбат итү кыен түгел. Моның өчен $ABC$ юлын

кайсы да булса башка юл белән, мәсәлән, $ADC$ (109 нчы рәсем) белән чагыштырыйк. $MN$ га $A$ ноктасыннан $AE$ перпендикулярны төшерик һәм аны алга таба, $BC$ нурының дәвамы белән $F$ ноктасында кисешкәнче сузыйк. $F$ һәм $D$ нокталарын да тоташтырыйк. Иң башта $ABE$ һәм $EBF$ өчпочмакларының тигезле-




108 нче рәсем. Кайтарылу почмагы (*2*) төшү почмагына (*1*) тигез.




109 нчы рәсем. Яктылык кайтарылган чакта иң кыска юлны сайлый

тенә ышаныйк. Алар турыпочмаклы һәм аларның бер уртак катеты ($EB$) бар; моннан башка, $EFB$ һәм $EAB$ почмаклары да үзара тигез, чөнки алар тиңдәшле рәвештә *2* һәм *1* почмакларына тигез. Димәк, $AE = EF$. Моннан $AED$ һәм $EDF$ турыпочмаклы өчпочмакларының ике катет буенча тигезлеге һәм, димәк, $AD$ белән $DF$ның тигезлеге килеп чыга.

Шуңа күрә без $ABC$ юлын аңа тигез булган $CBF$ юлы белән алыштыра алабыз (чөнки $AB = FB$), ә $ADC$ ны $CDF$ белән алыштырырга мөмкин. $CBF$ һәм $CDF$ озынлыкларын чагыштырып, $CBF$ туры сызыгының $CDF$ сынык сызыгыннан кыскарак икәнен күрәбез. Димәк, $ABC$ юлы $ADC$ дан кыскарак — шуны исбат итәргә кирәк иде дә инде!

$D$ ноктасы кайда гына тормасын, әгәр кайтарылу почмагы төшү почмагына тигез икән, $ABC$ юлы $ADC$ юлыннан һәрвакыт кыскарак булыр. Димәк, яктылык чишмәсе белән күзгә һәм күз арасындагы бик күп юллардан яктылык иң кыскасын һәм иң тиз барырлыгын сайлап ала икән[1].

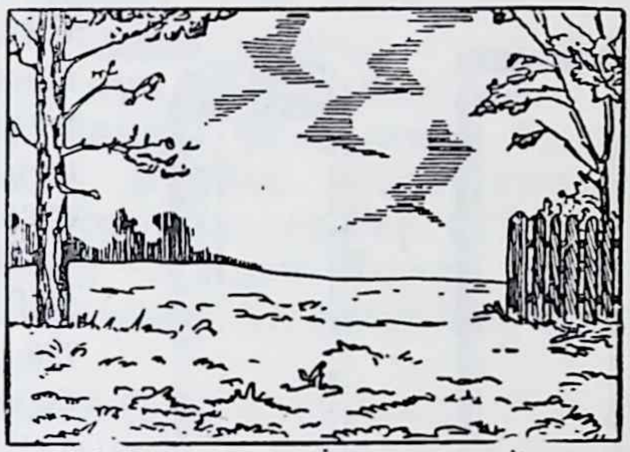
---

[1] Моны II гасырда яшәгән күренекле грек механигы һәм математигы Искәндәрияле Герон беренче буларак күрсәтеп биргән.

## Карганың очуы

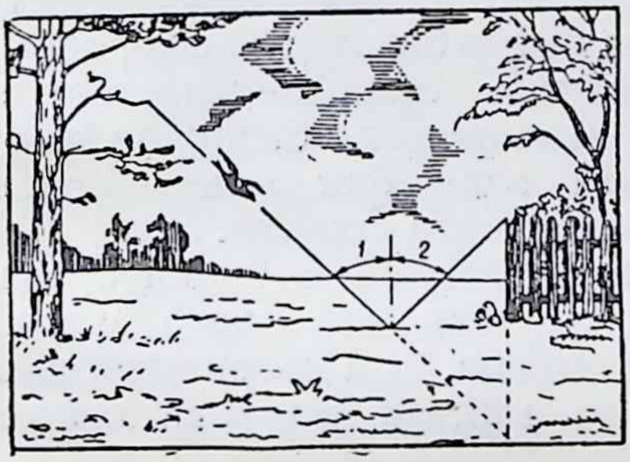
Әле генә карап үтелгән мисалга охшашлы очракларда иң кыска юлны таба белү башваткычлар чишү өчен кирәк булырга мөмкин. Менә шундый мәсьәләләргә бер мисал.

Агач ботагында бер карга утыра. Аста, ишек алдында, бодай бөртекләре сибелгән. Карга ботактан очып төшә дә, бодай бөртеген эләктереп алгач, коймага менеп утыра. Очкан юлы иң кыска булсын өчен ул бодай бөртеген кайсы урыннан алырга тиеш? дигән сорау куела (110 нчы рәсем).



110 нчы рәсем. Карга турындагы мәсьәлә.

Бу мәсьәлә без әле генә тикшереп үткән мәсьәләгә бик охшаган. Шунлыктан, дөрес җавап бирү кыен түгел: карга яктылык нурларына охшарга тырышырга, ягъни *1* почмагы *2* почмагына тигез булырлык итеп очарга тиеш (111 нче рәсем). Бу очракта юлның иң кыска булуын без күргән идек инде.

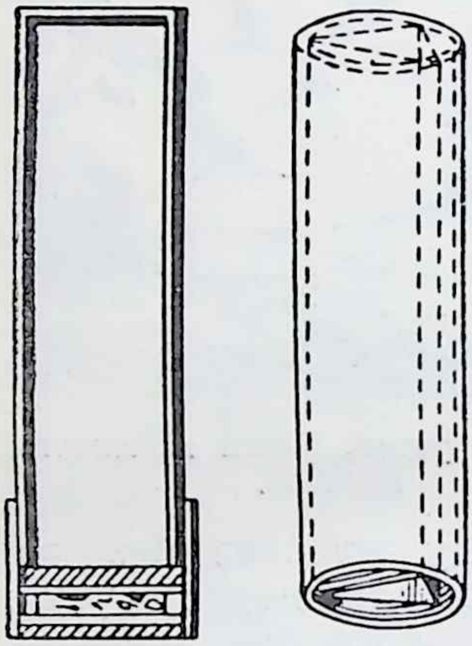



111 нче рәсем. Карга турындагы мәсьәләнең чишелеше.

## Калейдоскоп турында яңа һәм иске нәрсәләр

Калейдоскоп дигән әйбәт уенчык һәркемгә билгеле: төрле төстәге берничә пыяла ватыгы бер яки ике яссы көзгедә кайтарылып күренә һәм гаҗәп матур фигуралар булып тезелә; калейдоскопны аз гына борганда да бу фигуралар төрледән-төрле рәвешкә кереп үзгәрәләр. Калейдоскопны шактый кеше белсә дә, аның ярдәмендә никадәр күп төрле фигуралар ясалуы бик аз кешегә мәгълүм. Әйтик, сез кулыгызга 20 пыя-

лалы калейдоскоп тоткансыз да аны минутка 10 тапкыр борып, күзгедә кайтарылып күренгән пыяла кисәкләрен башкача урнаштырасыз, ди. Шул вакытта килеп чыга торган фигураларның барысын да күреп бетерү өчен сезгә күпме вакыт кирәк булыр иде?



112 нче рәсем.

Моңа бер кеше дә җавап бирә алмас. Сезнең кечкенә генә уенчыгыгыз эченә яшеренгән барлык бизәкләр күренеп беткәнче, океаннар кибеп, ә тау тезмәләре ишелеп бетәр.

Декоратор-рәссамнар калейдоскопның иксез-чиксез төрле һәм мәңге алмашынып торучы бизәкләре белән бик күптән кызыксынып киләләр. Рәссамнарның хыялы бу җайланманың бетмәс-төкәнмәс осталыгы белән ярыша алмый. Кайчакта калейдоскоп искиткеч матур бизәкләр ясый, обойлардагы орнаментлар, төрле тукымалардагы бизәкләр һ. б. өчен алар бик яхшы үрнәк булып китә алалар.

Ләкин хәзер инде халык калейдоскоп белән артык мавыкмый. Ә йөз ел элек, ул әле яңа нәрсә булган чакта, кешеләрнең аңа исе киткән, һәм калейдоскопны прозада да, шигырьләрдә дә мактап җырлый торган булганнар.

Россиядә калейдоскопны сокланып һәм куанып каршы алганнар. Мәсәлче А. Измайлов „Благонамеренный“ дигән журналда (1818 ел, июль) калейдоскоп турында түбәндәгеләрне әйтеп язган:

„Калейдоскоп турындагы игъланны укыйм да бу искиткеч коралны алам —

Карыйм — күзләремә ниләр күренә соң?
Төрле бизәкләрдә һәм дә йолдызларда
Сапфирлар да, якут, топазлар,
Изумрудлар, аннан алмазлар,
Аметистлар белән энҗеләр
Һәм перламутр — кинәт барсын күрәм!
Кулларымны чак-чак кузгатсам —
Күз алдымда яңа сурәтләр!

Калейдоскопта күренгән нәрсәләрне шигырьдә генә түгел, прозада да тасвирлап булмый. Кулны кыйшайткан саен фигуралар алмашына һәм алар бер-берсенә охшамаган була. Нинди матур бизәкләр! Ах, аларны чигеп булса иде! Ләкин мондый ачык төстәге ефәкләрне каян алмак кирәк? Эшсез һәм күңелсез чакта бу менә иң яхшы юаныч. Грандпасьянс ачып утырганчы, калейдоскопка карау күп өлеш яхшырак.

Калейдоскоп инде XVII йөздә үк билгеле булган, дип сөйлиләр. Хәзер менә күптән түгел генә аны камилләштереп ясаганнар. Франциядәге бер бай 20 000 франклык калейдоскоп ясарга кушкан. Төрле төстәге пыялалар белән төймәләр урынына ул энҗе һәм башка асылташлар куярга кушкан".

Аннан соң мәсәлче калейдоскоп турында бер кызыклы анекдот сөйли һәм, ниһаять, мәкаләсен крепостнойлык чорына хас булган төшенке күңел белән тәмамлый:

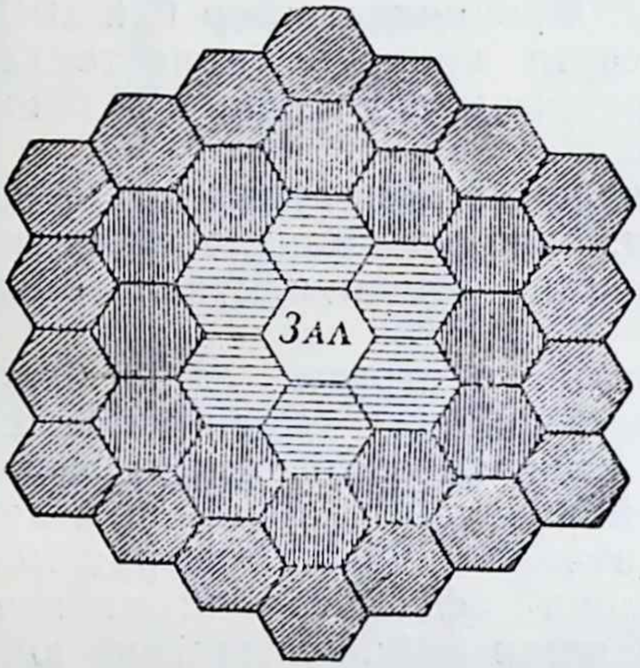
„Үзенең бик яхшы оптик инструментлары белән танылган, император физик-механигы Роспини калейдоскоплар ясап 20 сумга сата. Шик тә юк ки, физика һәм химия лекцияләренә йөрүчеләргә караганда калейдоскоп сатып алырга теләүчеләр күбрәк булыр; ә мондый лекцияләрнең Роспини әфәндегә — кызганычка һәм гаҗәпкә каршы — бернинди файда китергәне юк".

Калейдоскоп бик озак вакытлар кызыклы уенчык булып кына исәпләнде һәм безнең көннәрдә генә, бизәкләр төзегәндә файдалы рәвештә кулланыла башлады. Күптән түгел калейдоскоптагы сурәтләрне фоторәсемгә төшереп ала торган җайланма уйлап табылды, һәм шулай итеп, төрледән-төрле сурәтләрне механик юл белән уйлап чыгарырга мөмкинлек туды.

## Иллюзияләр һәм миражлар сарае

Әгәр без пыяла ватыгыдай кечерәеп калейдоскоп эченә барып керсәк, ниләр күрер-тояр идек икән? Бу тәҗрибәне эштә сынап карарлык ысул бар. 1900 елны Париждагы бөтендөнья күргәзмәсенә баручыларның андый могҗизаны күрергә мөмкинлекләре бар иде; биредә кузгалмас калейдоскопка охшашлы „иллюзияләр сарае" дигән нәрсә зур уңыш казанды. Алты почмаклы залны күз алдына китерегез. Аның һәрбер сте-

насы ифрат яхшы шомартылган гаять зур көзгедән гыйбарәт. Көзгеле залның почмакларында колонналар һәм карнизлар рәвешендә ясалган архитектур бизәкләр бар, алар түшәм бизәкләре белән тоташкандай торалар. Мондый залдагы тамашачы иксез-чиксез заллар һәм колонналар амфиладасында үзенә охшаган кешеләрнең күз алдына китергесез төркеме эчендә кала; алар аны һәр яктан чолгап алганнар һәм күз күреме җитәрлек бар җирдә заллар, колонналар тезелгән.




113 нче рәсем. Үзәк зал стеналары көзгеләрдә өч тапкыр кайтарылгач, 36 зал килеп чыга.

113 нче рәсемдә сулдан уңга таба штрихланган заллар көзгеләрдә бер мәртәбә кайтарылу нәтиҗәсендә килеп чыкканнар, ике мәртәбә кайтарылу нәтиҗәсендә беренчеләренә перпендикуляр юнәлештә штрихланган сурәтләр, ягъни тагы 12 зал килеп чыга. Өч тапкыр кайтарылу аркасында аларга тагы 18 зал өстәлә (кыек штрихланган), кайтарылган саен заллар саны арта бара һәм аларның гомуми саны призматик залның капма-каршы кырыйларында торган көзгеләрнең параллельлегенә һәм ялтырату сыйфатына бәйле. Күргәзмәдәге сарайда 12 тапкыр кайтарылу нәтиҗәсендә килеп чыккан заллар күренгән, ягъни күренгән горизонт эчендә 468 зал булган.

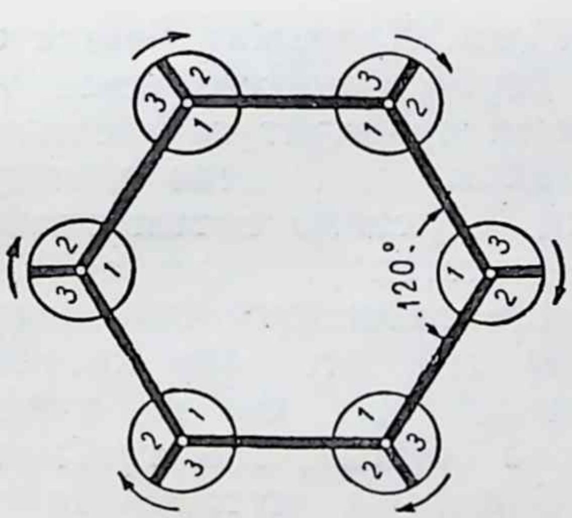
Яктылык кайтарылу законнары белән таныш кешегә „могҗизаның“ сәбәбе аермачык: биредә бит өч пар параллель көзгеләр һәм бер-берсенә почмак ясап куелган ун пар көзге бар — аларның шулкадәр күп сурәт бирә алуы бер дә гаҗәп түгел.

Париж күргәзмәсендә „Миражлар сарае“ дигән урында тагы да кызыклырак оптик эффектларгаирешкәннәр. Бу сарайны төзүчеләр исәпсез-сансыз сурәтләргә бөтен картинаны кинәт үзгәртү җайланмасы да

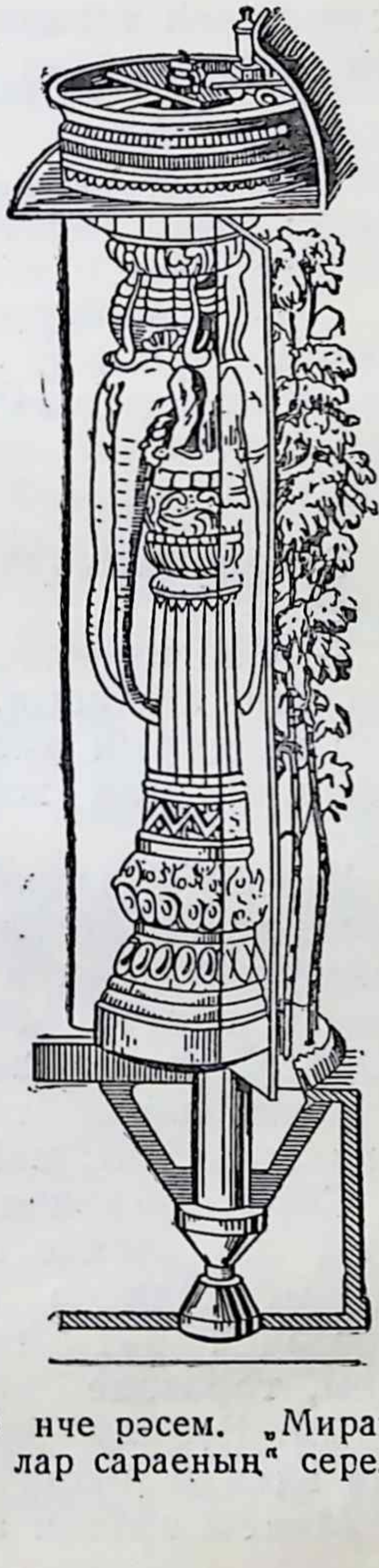
өстәгәннәр. Алар гүяки гаять зур калейдоскопны хәрәкәтчел итеп ясаганнар. Бу калейдоскоп эчендә тамашачылар булган.

„Миражлар сараенда“ әйләнә-тирәне үзгәртү өчен түбәндәгечә эшләгәннәр: көзгеле стеналарны почмаклардан беркадәр ераклыкта буйга кискәннәр һәм килеп чыккан почмак күчәр тирәли әйләнеп икенчегә алмашына алган. 114 нче рәсемнән *1*, *2* һәм *3* почмакларына туры китереп өч үзгәреш ясарга мөмкинлеге күренә. Хәзер *1* саны сугылган почмаклар тропик урманны сурәтли, *4* почмакларында — гарәп залының, ә *3* почмакларында — Һиндстан храмының җиһазлары бар дип күз алдына китерегез. Почмакларны бора торган яшерен механизмны аз гына хәрәкәт иттерү белән тропик урман храмга яки гарәп залына әйләнә. Могҗизаның бөтен хикмәте яктылык нурларының кайтарылуы дигән гади физик күренешкә нигезләнгән.

Көзгеләр ярдәмендә фал ачу — борынгыдан калган гадәт. Ул да параллель көзгеләрдә яктылык




114 нче рәсем.



115 нче рәсем. „Миражлар сараеның“ сере.

кайтарылу эффектына нигезләнгән. Фал ачучы үзенең каршында шәмнәрнең бик еракка тезелеп киткән сурәтләрен күргән; бу шәмнәр ике көзге арасына куелган булганнар. Бу картинаның юк-барга ышанучан кешеләрдә калдырган тәэсирен Фет бер шигырендә бик яхшы ачып салган.

Көзгеләрнең бу үзлегеннән кайчандыр инквизиция файдаланган дип сөйлиләр: үзенең корбаннарын җәзалау өчен ул „көзгеләр белән газаплау“ дигән бер ысул уйлап тапкан. Укучы түбәндә китерелгән хикәядән шуның белән таныша ала.

## КӨЗГЕЛӘР БЕЛӘН ГАЗАПЛАУ

### Хикәя

(Инглизчәдән тәрҗемә)

### I.

Өстәл кырында инквизитор утыра иде. Ул болай диде:

— Син киреләнәсең, изге чиркәү кочагына кайтудан баш тартасың. Шуның өчен без сине үз-үзеңне генә калдырып җәзалыйбыз. Үзеңне, үз тәнеңне күреп нәфрәтлән һәм җаныңны коткарып калу өчен тәүбә ит.

Мин бу сүзләрне аңламадым. Хәер, мин башка сүзләрне дә аңлый алмадым; берәр бәхетсез кеше үзен җәзалаган вакытта газапларын җиңеләйтүгә өметләнеп, минем исемне ычкындыргандыр дип кенә уйладым. Мине Мадрид урамнарының берсендә тотып алдылар да инквизиция төрмәсенә илттеләр. Мин анда күп атналар яттым; ниһаять, мине тикшерүгә чакырдылар.

Сорау алганнан соң тагы камерага алып киттеләр, бусы да элеккесенә охшаган иде. Бу өч квадрат метрлы кечкенә генә бүлмә булып, аны түшәмдәге тәрәзәчек яктырта иде. Башымны күтәреп караган идем, тәрәзәне нәрсә беләндер каплауларын күреп алдым. Бүлмәдә кровать та бар иде. Хәер, таш капчык эчендә йоклауны ял итү дип буламы соң?

Минем арттан авыр ишек ябылып калды. Мин бер-

үзем идем. Газап чигәчәгемне мин аңлый идем — ләкин бу газапның нинди булачагы миңа билгесез иде. „Үзүзең генә кал“. Бу сүзләрнең мәгънәсе нинди иде икән? Мин бит болай да берничә атна буена төрмәдә япа-ялгыз яткан идем.

Кич җитеп килә иде. Әллә ни булмагач, минем шик-шөбһәләрем тарала башлады. Ниһаять, мин тынычландым диярлек. Аннары йокыга талдым.

II.

Иртәнге якта караңгылы-яктылыда мин уянып киттем һәм караңгыга күзләремне текәп торгач, төн арасында гаҗәп бер үзгәреш булганын абайладым. Нәкъ минем кровать каршында якты җемелди; кичә андый нәрсә юк иде. Башка стеналар үтәли күренгәндәй тоелдылар, аларда сәер шәүләләр тирбәнә иде.

Мин моның хикмәтен аңларга тырышып яттым. Кинәт баш өстемдә шакылдаган тавыш ишетелде; бүлмә бөтенләй караңгыланды. Мин берничә сәгать көттем, ләкин таң нурлары минем бүлмәгә үтеп кермәделәр. Менә баш өстемдә зәгыйфь кенә ут ялтырады, түшәм уртасындагы тишектән бармаклар күренеп китте. Кабызылган лампа элеп куйгач, алар тагы юк булдылар. Ниһаять, мин күрә ала идем...

Нәрсә күрә ала идем? Иң башта минем котым очты. Башым әйләнеп китте. Кыргый бер өермә уртасында үземне япа-ялгыз итеп тойдым: һәр почмактан миңа куркыныч йөзләр карап тора иде. Күзем кая гына төшмәсен, һәр җирдә хыялый утлар тибрәнде, камерам зурайгандай, чиксез зур булып үскәндәй тоелды.

Аннары эшнең нидә икәнен аңлап алдым. Төн арасында минем бүлмәнең стеналарын һәм идән-түшәмнәрен көзге белән алыштырганнар һәм хәтта ишек белән тәрәзәне дә көзгеләр каплап тора иде.

Миңа берьюлы илле яктан карап торучы чырайлар минем үземнеке иде. Минем аны бик күптән күргәнем юк иде! Хәзер ул кыргый һәм коточкыч булган. Мине сакал баскан, күзләрем шулкадәр үзгәргәннәр, хәтта мин үз-үземә, ирексездән, алар тагы үзгәрә алырлармы икән? дип сорау биреп куйдым.

Берничә сәгать үтеп киткәч кенә т и р ә-ю н е м ә карарга кыюлыгым җитте. Бу күренешнең нинди кур-

кыныч булуын сөйләп аңлатып булмас! Мин уңга яки сулга, өскә яки аска карасам да, — үземне йөзләгән хыялый позаларда итеп күрдем. Миңа йөз белән караган фигуралар да, аркасын куйганнары да, ян белән торучылары да бар иде. Күзем кая гына төшмәсен гәүдәмнең төрле өлешләре шунда күренделәр.

Мин кыймылдарга да курыктым, — көзгедәге шәүләләрнең минем чак кына селкенүемнән дә чайкала башлавы шундый коточкыч иде. Кулымны күтәргәндә, бу хәрәкәтне бер өер сурәт мең төрле итеп кабатлады.

Мин күзләремне ачмаска тырыштым. Ләкин әйләнәмдә, миннән көлгәндәй, миллионлаган йомык күз булуы турындагы уй минем күз кабакларымны тагы күтәрә иде.

Коточкыч газаплы бер көн шулай узды. Тагы шундый берничә тәүлекнең мине акылдан шаштырачагы аңлашыла иде. Түшәм уртасындагы тишектән минем янга азык-төлек төшерделәр, ләкин аңа кагыласым да килмәде.

Мине газаплаучылар эшнең үзләре теләгәнгә караганда да тизрәк баруын аңладылар булса кирәк, — һәм мин икенче көнне гади камерада уянып киттем. Гади стеналы төрмәнең беркайчан да мондый рәхәт булганы юктыр. Мин, газапларым бетте бугай дип өметләнеп, бәхетле дип әйтерлек көн үткәрдем.

Ләкин инквизиция алай эшләми икән! Икенче көнне иртән көзгеләр тагы бар булдылар, тик бу юлы алар элеккечә тигез булмыйча, кәкре көзгеләр белән алыштырылган иде. Берәр тапкыр кәкре көзгегә караган кеше моның ни икәнен яхшы белә. Минем исәпсез-хисапсыз күп санлы сурәтләрем, хәзер шыксызга әйләнделәр. Стенадан коточкыч иреннәр, гарип күзләр миңа мыскыллы елмаялар һәм бу куркыныч нәрсәләр мин кыймылдаган саен кыяфәтләрен бозалар, үзгәрәләр иде. Шайтан торагы да минем камерадан начаррак булмастыр. Идәнгә ташланасым килде, ләкин анда мине мыскыллап чагылган сурәт очратачагымны мин белә идем...

Күрәсең, явызлекләүчеләр мине акылдан яздырырга телиләрдер; мин аларны яхшы белгәнгә күрә, әле алар үзләренең шайтаннарча осталыкларын күрсәтеп бетермәгәннәр дип ышана идем. Әгәр кул астында бер ко-

рал булса, мин бу нәләт төшкән көзгеләрне мең кисәккә ватып ташлар идем, ләкин камерада моңа яраклы бер генә нәрсә дә таба алмадым.

Качаргамы әллә? Мөмкин түгел! Шул турыда уйлаган чакта, түшәм уртасындагы ябык төнлеккә күзем төште. Иртән котымны очыра торган вакыт җиткәндә аның аша лампа әлеп куялар иде. Ул вакытларда мин кулны гына күрәм: кул көзгенең бер өлешен күтәрә дә аны артка таба тарта, аннары элмәккә лампа асып куя иде.

Икенче көнне иртән кул күренгәнне мин түземсезлек белән көттем. Кул люк аша сузылгач та өскә сикердем һәм аны тотып алдым. Кычкырган аваз ишетелде, тишектән идәнгә бер кеше гәүдәсе килеп төште.

Минут та көтеп тормыйча, мин бу үлгән яки һуштан язган төрмәченең җиләнен һәм маскасын салдырып алдым да үземә кидем. Аннары әсир төшкән кешене идәнгә утыртып куйдым һәм, аның җилкәсенә баскычка баскандай басып, люкка сикердем. Бу люк өстәге бүлмәгә алып чыга иде.

Мин трапка кадәр барып җиттем дә хәвеф-хәтәрсез генә чыгып киттем.

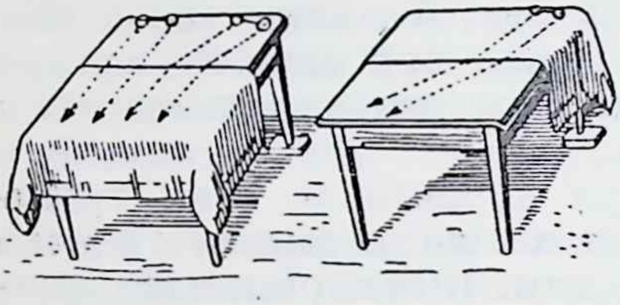
Әсир төшкән кеше һушына килгәч, үзен чолгап алган җәһәннәм көзгеләрен күреп, ниләр кичерер икән? Шуны уйлагач, кулларыма бөек инквизитор үзе эләккән булса иде, дип уйлап куйдым.

## Яктылык нилектән һәм ничек сына?

Яктылыкның бер тирәлектән икенчесенә күчкәндә юлын сындыруы күп кешеләргә табигатьнең сәер бер капризы булып күренә. Яктылыкның яңа тирәлектә дә үзенең башлангыч юнәлешен сакламыйча, сынык юл сайлап алуы аңлашылмаган кебек тоела. Йөрер өчен уңайлы җир белән уңайсыз урын арасындагы чикне кисеп чыкканда сугышчылар колоннасы ни эшләгән булса, яктылык нуры да шулайрак йөргәнен белсә, югарыда уйлаган кеше, бәлки, бик канәгать булыр иде. Үткән гасырның атаклы астрономы һәм физигы Джон Гершель бу турыда менә нәрсәләр сөйли.

„Туры чик сызык белән икегә бүленгән бер урыннан солдатлар төркеме бара, дип күз алдына китере-

гез. Бу чикнең бер ягында җир шома, такыр һәм йөрер өчен уңайлы, икенчесендә түмгәкле, уңайсыз һәм анда алай тиз йөрерлек түгел, ди. Ике төрле җир арасындагы чик сызык белән отрядның фронты почмак ясаганнар һәм шунлыктан солдатлар бу чиккә бер үк вакытта килеп җитмиләр, берсе артыннан берсе килеп җитәләр дип тә фараз итик. Ул чагында чикне атлап үткән һәрбер солдат моңа кадәр хәрәкәт иткәнчә җитез бара алмаслык туфракка килеп чыгар. Ул шеренганың яхшырак туфракта булган өлеше белән бер туры сызыкта тора алмас һәм секунд саен аннан арттарак кала барыр. Чиккә килеп җиткән һәр солдат йөргәндә бердәй каршылыкка очраганлыктан, әгәр солдатлар сафны бозмасалар, таралып китмәсәләр, бәлки дөрес колонна булып атласалар, колоннаның чикне узган өлеше башка өлештән һичшиксез артта калыр һәм чикне кисеп чыгу ноктасында ул өлеш белән җәенке почмак ясар. Тигез атлап, бер-береңнең юлын кисешми барырга кирәк булганлыктан, һәр солдат туп-туры алга, яңа фронтка туры почмак ясап барырга мәҗбүр ителер һәм шуңа күрә ул чикне үткәннән соң барган юл, беренчедән, яңа фронтка перпендикуляр булыр, ә икенчедән, аның тоткарлык булмаган очракта үтеләчәк юлга чагыштырмасы яңа тизлекнең иске тизлеккә чагыштырмасы кебек булыр“.



116 нчы рәсем. Яктылыкның сынуын аңлатучы тәҗрибә.

Яктылыкның сынуына охшашлы күренешне сез үз өстәлегездә дә ясап карый аласыз. Өстәл өстенең яртысына ашъяулык җәегез (116 нчы рәсем) һәм, өстәлне аз гына янтайткач, бер күчәргә утыртылган ике тәгәрмәчне (мәсәлән, балалар паровозыннан яки башка ватык уенчыктан алып өстәл өстеннән тәгәрәтеп җибәрегез. Әгәр тәгәрмәчләрнең хәрәкәт юнәлеше ашъяулык кырыен туры почмак ясап очратса, юл сынмый. Бу очракта сез мондый оптик кагыйдәнең сурәтләнешен күрәсез: тирәлекләрне бүлгән чиккә перпендикуляр нур сынмый үтә. Ашъяулык кырыена авыш юнәлеш булганда тәгәрмәчләрнең юлы бу кырыйда, ягъни

хәрәкәт тизлеге төрлечә булган тирәлекләр чигендә сынып китә. Хәрәкәт тизлеге зуррак булган өлештән (өстәлнең ачык калган җире) тизлек кечкенәрәк булган өлешкә (ашъяулык) күчкәндә юлның („нур“) юнәлеше „төшү перпендикулярына“ якынайганын күрү кыен түгел. Киресенчә булганда бу перпендикулярдан ераклашу килеп чыга.

Тикшерелә торган күренешнең асылы, атап әйткәндә, сыну күренеше яктылыкның ике тирәлектә төрле тизлек белән таралуына бәйле икәнен дә югарыда сөйләнгәннәрдән күрергә мөмкин. Тизлекләр арасындагы аерма зуррак булган саен, сыну да зуррак була. Нурларның сыну зурлыгын характерлый торган „сыну күрсәткече“ әнә шул тизлекләр чагыштырмасының үзе инде.

Һавадан суга күчкән чакта сыну күрсәткече $^4/_3$ була дигән сүзләрне укыганда, сез яктылыкның һавада судагыга караганда $1^1/_3$ мәртәбә тизрәк хәрәкәт итүен дә беләсез.

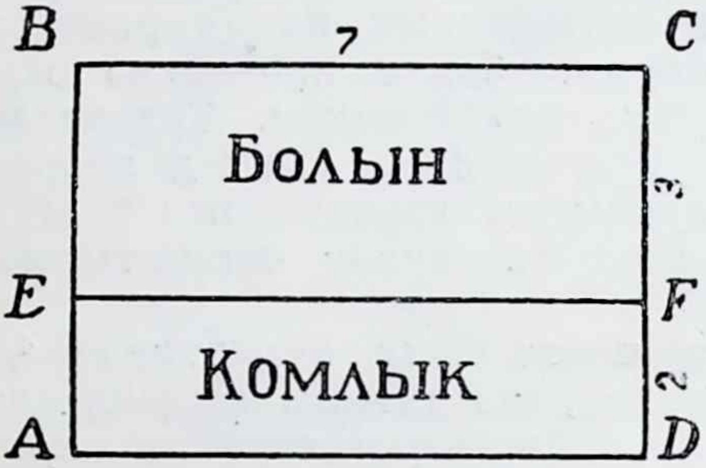
Яктылык таралуның икенче бер гыйбрәтле үзенчәлеге дә шул нәрсәгә бәйләнгән. Кайтарылу очрагында яктылык нуры иң кыска юлдан барса, сынган очракта ул иң тиз барырлык юлны сайлый: шушы сынык юлдан башка бер генә юл да нурны „тиешле урынга“ шулай тиз китереп җиткерми.

### Озынрак юлдан кайчан тизрәк барып була?

Тиешле урынга сынык юлдан барып җитү өчен турыдан баруга караганда азрак вакыт кирәк булырга мөмкинме соң? Әйе, юлның төрле бүлемтекләрендә хәрәкәт тизлеге төрлечә булганда бу шулай. Ике тимер юл станциясе арасында шуларның берсенә якынрак утырган авыл халкы нәрсә эшләгәнне исегезгә төшерегез. Ерак станциягә тизрәк барып җитү өчен алар башта атка утырып к и р е г ә т а б а, якын станциягә баралар, анда поездга утыралар да барасы җиргә китәләр. Әлбәттә, т у р ы д а н-т у р ы атта барсалар, юл кыскарак булыр иде, ләкин алар атта һәм вагонда барыла торган озынрак юлны өстен күрәләр, чөнки ул тиешле урынга т и з р ә к китереп җиткерә. Биредә озын юл кыскасыннан т и з р ә к үтелә.

Тагы бер мисалга аз гына игътибар итеп алыйк.

Кавалерист $A$ ноктасыннан $C$ ноктасындагы командир палаткасына хәбәр алып килергә тиеш (117 нче рәсем). Аны палаткадан тирән комлы җир белән болын аерып тора, алар $EF$ туры сызыгы белән чикләнгәннәр. Комлы җирдә ат, болындагыга караганда, ике мәртәбә акрынрак бара. Иң тиз арада барып җитү өчен, кавалерист нинди юл сайларга тиеш соң?



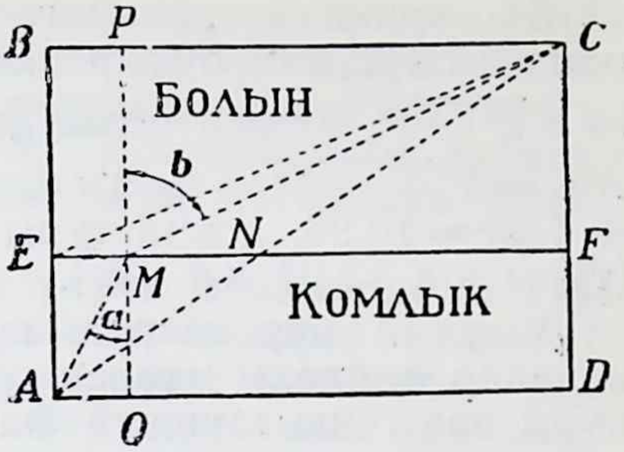

117 нче рәсем. Кавалерист турында мәсьәлә. $A$ ноктасыннан $C$ ноктасына иң тиз барырлык юл табарга кирәк.

Беренче карауга, иң тиз барырлык юл $A$ дан $C$ ноктасына үткәрелгән туры сызык кебек тоела. Ләкин бу бөтенләй ялгыш һәм мин андый юл сайлаган кавалерист очрар дип уйламыйм. Ком буйлап акрын хәрәкәт итү аны юлның бу акрын өлешен кыскартып, кимрәк авышлык буенча бару турында уйга төшерер; моның белән, әлбәттә, юлның икенче — болын буйлап булган өлеше озаер; ләкин болыннан ике тапкыр тизрәк барып булганлыктан, юлның озынаюы килгән файдадан артып китмәс һәм, нәтиҗәдә, юл кыскарак вакыт эчендә узылыр. Башка сүзләр белән әйткәндә, кавалеристның юлы ике төрле туфрак чигендә сынарга һәм бу вакытта болын буйлап үткән юлның чик сызыкка торгызылган перпендикуляр белән ясаган почмагы, комлы юл ясаган почмактан зуррак булырга тиеш.

$AC$ туры юлының чыннан да иң тиз барырлык булмавын һәм, әлеге урыннарның һәм араларның үлчәмнәре белән киңлеге без күздә тотканча булганда, тиешле урынга, мәсәлән, $AEC$ сынык сызыгы буенча бару тизрәк булачагын геометрияне һәм Пифагор теоремасын белгән кеше үзе тикшереп карый ала (118 нче рәсем).

118 нче рәсемдә комлы урынның киңлеге 2 *км*, болынның — 3 *км*, ә $BC$ арасы — 7 *км*. Ул чагында $AC$ ның бөтен озынлыгы (118 нче рәсем), Пифагор теоремасы буенча, $\sqrt{5^2+7^2}=\sqrt{74}=8{,}60$ *км* га тигез. $AN$ өлеше — комлыктан үтелгән юл — бу зурлыкның

$^2/_5$ өлешен, ягъни 3,44 *км* ны тәшкил итә. Комлыктан хәрәкәт итү болындагыга караганда ике тапкыр акрынрак булганлыктан, комлы юлның 3,44 километры, вакыт ягыннан караганда, болындагы юлның 6,88 километрына тигез. Һәм, димәк, *AC* турысы буйлап үтелгән 8,60 *км* лы бөтен катнаш юл болындагы 12,04 *км* га туры килә.




118 нче рәсем. Кавалерист турындагы мәсьәләнең чишелеше. Иң тиз барырлык юл — *AMC*.

Хәзер *AEC* сынык юлын да болын юлы белән чагыштырып карыйк. $AE = 2$ *км* булган өлеш болындагы 4 *км* юлга туры килә. $EC = \sqrt{3^2 + 7^2} = \sqrt{58} = 7{,}6$ *км*. Нәтиҗәдә бөтен *AEC* сынык юлы $4 + 7{,}6 = 11{,}6$ *км* га тигез булыр.

Шулай итеп, „кыска“ туры юл болындагы 12,0 *км* га туры килә, ә „озын“ сынык юл — шундый ук туфрактагы 11,6 *км* га гына тиң була. Үзегез күрәсез: „озын юл“ $12 - 11{,}6 = 0{,}4$, ягъни ярты километр диярлек файда китерә икән! Ләкин без иң тиз барырлык юлны күрсәтмәдек әле. Теория түбәндәгеләрне әйтә (безгә хәзер тригонометриядән ярдәм сорарга туры килер): *b* почмагы синусының *a* почмагы синусына чагыштырмасы болындагы тизлекнең комдагы тизлеккә чагыштырмасына, ягъни 2 : 1 гә тигез булганда бу юлдан иң тиз барырга мөмкин.

Икенче сүзләр белән әйткәндә, юнәлеш сайлаганда $\sin a$ га караганда $\sin b$ не ике мәртәбә зуррак итеп алырга кирәк. Моның өчен, төрле туфраклар арасында чик сызыгын *E* дан бер километр ераклыкта торучы *M* ноктасында атлап үтәргә кирәк. Чыннан да, ул вакытта:

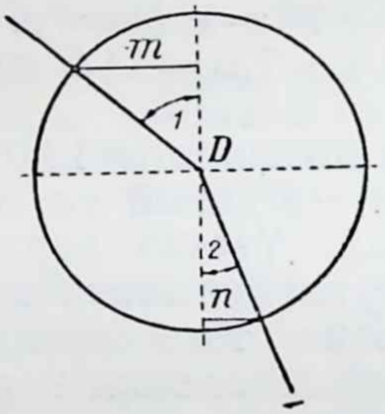
$$\sin b = \frac{6}{\sqrt{3^2 + 6^2}}, \text{ ә } \sin a = \frac{1}{\sqrt{1 + 2^2}} \text{ һәм}$$

$$\frac{\sin b}{\sin a} = \frac{6}{\sqrt{45}} : \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{6}{3\sqrt{5}} : \frac{1}{\sqrt{5}} = 2, \text{ ягъни}$$

нәкъ тизлекләр чагыштырмасы кадәр була.

Бу вакытта „болынга кайтарып исәпләнгән" юл озынлыгы күпме булыр иде? Хисаплап карыйк: $AM = \sqrt{2^2 + 1^2}$, бу исә болындагы 4,47 *км* га туры килә. $MC = \sqrt{3^2 + 6^2} = 6{,}49$ *км*. Бөтен юл озынлыгы $4{,}47 + 6{,}49 = 10{,}96$, ягъни туры юлдан 1,08 *км* га кыскарак (туры юл 12,04 *км* иде).

Мондый очракларда юлны „сындырып" баруның никадәр файдалы икәнен үзегез дә күрәсез. Яктылык нуры нәкъ әнә шундый иң тиз барырлык юлны сайлый, чөнки яктылыкның сыну законы мондый математик мәсьәләне чишүгә төгәл туры килә: сыну почмагы синусының төшү почмагы синусына чагыштырмасы яңа тирәлектәге яктылык тизлегенең иске тирәлектәге тизлеккә чагыштырмасына тигез. Икенче яктан алганда, бу чагыштырма яктылыкның әлеге тирәлекләрдә сыну күрсәткеченә тигез.




119 нчы рәсем. Нәрсә ул „синус"? *m* ның радиуска чагыштырмасы — *1* почмагының синусы; *n* ның радиуска чагыштырмасы — *2* почмагының синусы.

Без, кире кайтарылу һәм сыну үзгәлекләрен бер кагыйдәгә берләштереп, яктылык нуры һәр очракта да иң тиз барырлык юлдан китә, ягъни физиклар „иң тиз килеп җитү принцибы" дип атаган кагыйдәгә буйсына дип әйтә алабыз.

Әгәр тирәлек бериш булмаса һәм аның сындыру сәләте, мәсәлән, безнең атмосфераныкы кебек акрынлап үзгәрә барса, — бу очракта да иң тиз килеп җитү кагыйдәсе үз көчен тулаем саклап кала. Астрономнар теләндә „атмосфера рефракциясе" дип атала торган күренеш — күк яктырткычлары нурының атмосферада бераз гына кәкрәю күренеше әнә шуның белән аңлатыла. Түбәнгә таба акрынлап тыгызлана баручы атмосферада яктылык нуры бөгелә һәм аның батынкы ягы җиргә карап тора. Бу вакытта яктылык нуры югарыгы катлауларда озаграк кала, алар исә аның тизлеген кимрәк акрынайталар һәм нур түбәндәге „акрын йөрерлек" катлауларда азрак вакыт була; нәтиҗәдә ул тиешле урынга, туры юлдан баруга караганда, тизрәк килеп җитә.

Иң тиз килеп җитү принцибы яктылык күренешләренә карата гына түгел, башка күренешләргә карата да дөрес; **тавыш** һәм гомумән **дулкынсыман** хәрәкәтләрнең барысы да, бу дулкыннарның табигате нинди булуга да карамастан, шул кагыйдәгә буйсыналар.

Шик тә юк, бу китапны укучы дулкынсыман хәрәкәтләрнең мондый сәер үзлеген аңларга теләр; бу үзлек яңа физик теорияләрдә ифрат әһәмиятле урын тота. Хәзерге замандагы бер күренекле физикның шуңа карата әйткән фикерләрен китерим:

„Фронтның бик дөрес булуын саклап калу өчен, солдатлар озын колгага тотынышканнар һәм аларның һәрберсе колганы нык тотып тора, ди. Команда мондый: һәркем булдыра алган кадәр тизрәк йөгерергә тиеш! Әгәр туфракның сыйфаты бер урыннан икенче урынга таба акрынлап үзгәрә барса, башта фронтның, әйтик, уң ягы, ә аннары сул ягы тизрәк хәрәкәт итәр һәм фронт үзеннән-үзе борылыр. Без шул чакны үтелгән юлның туры булмыйча, кәкрәйгән икәнен күрербез. Туфракның үзлекләре мәгълүм булганда, тиешле пунктка килеп җитү вакыты ягыннан караганда, бу юлның иң кыска булуы яхшы ук аңлаешлы нәрсә, чөнки һәр солдат мөмкин кадәр тизрәк хәрәкәт итәргә тырышты бит.

## Яңа Робинзоннар

Жюль Верннның „Серле утрау“ романындагы кеше яшәми торган атауга килеп чыккан геройларның шырпысыз һәм чакмасыз-нисез ут кабызулары, әлбәттә, хәтерегездәдер. Робинзонга ярдәмгә яшен килеп, агачны яндырып җибәргән булса, Жюль Верннның яңа Робинзоннарына очраклы хәл түгел, бәлки белемле инженерның тапкырлыгы һәм физика законнарын яхшы хәтерләве ярдәм иткән. Пенкроф дигән беркатлы диңгезче сунардан кайтып килгәч, инженер белән журналистны ялкынланып янган учак янында күреп ничек гаҗәпләнүен хәтерлисездер.

„— Ләкин утны кем кабызды соң? — дип сорады диңгезче.

— Кояш, — дип җавап бирде Спилетт.

Журналист шаяртмый иде. Чыннан да, диңгезчене

шулай нык куандырган утны Кояш биргән иде. Диңгезче үз күзләренә үзе ышанмады һәм шулкадәр нык гаҗәпкә калды, хәтта инженердан сораштырырга да онытты.

— Димәк, сезнең кабызгыч пыялагыз булган? — дип сорады инженердан диңгезче.

— Юк, мин аны үзем ясадым.

Һәм ул аны күрсәтеп бирде. Бу — аның үз сәгате белән Спилетт сәгатеннән алынган ике пыяла иде. Ул алар арасына су салган да кырыйларын кызыл балчык белән ябыштырып куйган, — һәм шулай итеп, кабызгыч пыяла килеп чыккан. Инженер, кояш нурларын шуның ярдәмендә коры мүккә туплап, ут тапкан иде".

Сәгать пыялалары арасындагы бушлыкка су тутыруның сәбәбен укучының беләсе киләдер дип уйлыйм. Әченә һава тулган ике ягы кабарынкы пыяла нурларны бер урынга җыймыймыни?

Юк шул. Сәгать пыяласы тышкы һәм эчке яклардан ике параллель (концентрик) өслек белән чикләнгән; физикадан исә бу нәрсә билгеле: мондый өслекләр белән чикләнгән тирәлек аша үткәндә яктылык нуры үз юнәлешен бөтенләй үзгәртми диярлек. Аннан соң алар шундый ук икенче пыяла аша үткәндә дә авышмыйлар һәм, димәк, фокуска да җыелмыйлар. Нурларны бер ноктада туплау өчен, пыялалар арасындагы куышлыкка нинди дә булса үтә күренүчән матдә тутырырга кирәк; бу матдә нурларны һавага караганда ныграк сындырырга тиеш. Жюль Верн романында инженер шулай эшләгән дә.

Әченә су салынган шарсыман формалы гади графин да кабызгыч пыяла булып хезмәт итә ала. Моны инде борынгылар да белгәннәр. Алар бу вакытта суның салкын килеш калуын да күргәннәр. Ачык тәрәзә төбендә торган сулы графинның хәтта пәрдәләрне, ашъяулыкларны яндырган, өстәлне көйдергән чаклары булган. Борынгы гадәт буенча, аптека витриналарын бизәп торган гаять зур шарсыман шешәләр кайчакта якында урнашкан тиз янып китүчән матдәләрне кабызып, чын һәлакәткә сәбәп булганнар.

Сәгать пыяласына салынган суны кечкенә генә сулы колба ярдәмендә дә кайнаганчы җылытырга мөмкин: моның өчен 12 *см* диаметрлы колба да ярый. Диаметр

15 *см* булганда[1] фокуста температура 120° ка житә. Сулы колба ярдәмендә папирос кабызу зурайтучы лупа белән кабызгандагы кебек үк җиңел, зурайтучы пыялага карата исә Ломоносов „Пыяланың файдасы турында“ дигән шигырендә түбәндәгеләрне язган:

Пыяла ярдәмендә без кояш ялкыны табабыз
Һәм хәвеф-хәтәрсез генә Прометейча эшлибез.

Ләкин сулы линзаларның кабызу сәләте пыяла линзаныкыннан кимрәк булуын да әйтергә кирәк. Бу, беренчедән, яктылыкның суда пыяладагыга караганда шактый азрак сынуы, икенчедән, аның инфракызыл нурларны бик нык йотуы белән аңлатыла. Ул нурлар исә әйберләрне җылытуда зур роль уйныйлар. Гади генә тәҗрибә Жюль Верн романында язылган ут кабызу ысулының шикле булуын күрсәтә.

Күзлек белән карау көпшәсе уйлап табылганга кадәр мең елдан да алдарак борынгы грекларга пыяла линзаларның бу үзлеге мәгълүм булуы кызыклы. Аристофан үзенең „Болытлар“ дигән атаклы комедиясендә аны искә алып үтә. Сократ дигән галим Стрептиадка мондый мәсьәлә бирә: „Әгәр кем дә булса синең биш талант бурычың барлыгы турында таныклама язса, син аны ничек юк итәр идең?

Стрептиад. Таныкламаны юк итәргә мин бер ысул таптым, син аны үзең дә бик хәйләле ысул дип әйтерсең! Син аптекаларда үтә күренүчән бик шәп ташны күргәнсеңдер, әлбәттә. Аның ярдәмендә ут кабызалар.

Сократ. Кабызу пыяласымы?

Стрептиад. Нәкъ үзе.

Сократ. Шуннан ни була?

Стрептиад. Нотариус язган чакта мин аның артына басып, кояш нурларын таныкламага җибәрермен дә сүзләрен эретеп ташлармын...“

Аңлашылсын өчен шуны да әйтеп китик. Аристофан заманында греклар балавызлы тактага язганнар һәм бу язу җылыда бик тиз эри торган булган.

---

[1] Бу вакыт фокус колбага бик якын була.

## Янгын чыгуның гадәттән тыш сәбәбе

Янгыннарның сәбәбе кайчакта һич көтелмәгәнчә гаҗәп була. Котып илләрен тикшерүче мәрхүм М. А. Жданконың бу турыда сөйләгәннәре бик кызыклы.

„Бу бик күптән, 1877 нче елда ук бугай, Архангельскида булды. Бервакытны үземнең танышыма килгәч, аш бүлмәсендәге буфетның башка урынга, икенче стена кырына күчереп куелганын күрдем. Буфетның түбәнге ишегендә бармак юанлыгы чамасында күмерләнеп беткән эз сөзәк дуга булып сузылган иде.

Мин аңардан моның сәбәбен сорадым.

— Ә, беләсезме, кичә минем өйдә чак кына янгын чыкмыйча калды, — дип җавап бирде ул.

— Нилектән?

— Менә үзегез күрегез.

Шул сүзләрне әйткәч, ул мине көньякка караган тәрәзә янына алып килде. Тәрәзә пыяласында бертигезсезлек күзгә чалынды. Бу очсызлы гына иң гади тәрәзә пыяласы булып, аның бер җирендә диаметры ике дюйм чамасы кечкенә куыксыман калкулык бар иде.

Бу калкулык, очраклы рәвештә, ике ягы кабарынкы линза формасында килеп чыккан, һәм бу линзаның фокусы нәкъ буфет элек торган урынга туры килгән иде.

Һәм менә аяз көннәрнең берсендә, кояш үзенең горизонт өстеннән бик тәбәнәк юлы буйлап барганда (декабрь аенда Архангельскида кояшның төш вакытында биеклеге 4° кына була), тәрәзә өлгесендәге әлеге очраклы линза аша үткән нурлары белән буфетның түбәнге ишеген көйдереп эз калдырган. Янгын, бәлкем, буфет каты агачтан (Карелия каенынннан) булганга күрә генә чыкмый калгандыр. Әгәр буфет чыршы, кедр яки башка бер чәерле һәм йомшак агачтан булса, аның кабынып китүе дә бик ихтимал булган.

Шулчакны миңа мондый уй килде: безнең авылларыбызда да шушы ук сәбәптән ничәмә-ничә янгын чыгарга мөмкин. Анда бит тәрәзә пыялалары бик гади һәм тигезсез, өй тулы чүпрәк-чапрак, йомычкалар һәм кабынырга гына торган башка чүп-чар! Сәбәпләре ачылмыйча, серле булып калган янгыннар арасында начар пыяла аркасында чыкканнары да аз түгелдер“.

Үземнән өстәп шуны әйтим: мондый очракларның ихтималлыгы ифрат дәрәҗәдә аз һәм бу куркынычны автор бик нык күпертеп сөйли.

## Боз ярдәмендә ничек ут табарга?

Җитәрлек кадәр үтә күренүчән булган боз да ике ягы кабарынкы линза ясау өчен материал булып хезмәт итә ала, ягъни аның ярдәмендә ут кабызырга мөмкин. Бу вакыт боз нурларны сындыра, ләкин үзе җылынмый да, эреп тә төшми. Бозның яктылык сындыру күрсәткече суныкыннан бераз гына кимрәк, шулай булгач, әгәр инде су тутырылган шар ярдәмендә ут табып була икән, бу эшне боз линза белән дә башкарып булырга тиеш.

Жюль Верн язган „Капитан Гаттерас сәяхәте“ дигән әсәрдә боз линза кешеләргә яхшы хезмәт күрсәткән. Юлчылар чакмаларын югалтып, 48 градуслы коточкыч суыкта утсыз калгач, доктор Клаубони учакны нәкъ әнә шул юл белән кабызып җибәргән.

— Бәла бу, — диде докторга Гаттерас.

— Әйе, — дип җаваплады тегесе.

— Безнең хәтта карау көпшәбез дә юк. Без аның линзасын алып, ут кабыза алыр идек.

— Беләм, — диде доктор, — аның булмавы бик кызганыч шул: кояш нурлары ку кабызырга җитәрлек монда.

— Нишләмәк кирәк, ашыйсы килүне чи аю ите белән генә басарга туры килер, — дип әйтеп куйды Гаттерас.

— Әйе, һич югында шулай, — дип уйга чумып кына әйтте доктор, — ләкин без тырышып карасак...

— Сез нәрсәдер эшләмәк буласызмы? — дип кызыксынды Гаттерас.

— Башыма бер уй килде әле...

— Уй килдеме? — дип кычкырып җибәрде боцман, — әгәр сезгә уй килсә, бу инде без котылдык дигән сүз!

— Белмим шул әле, әллә барып чыга, әллә юк, — диде доктор икеләнеп.

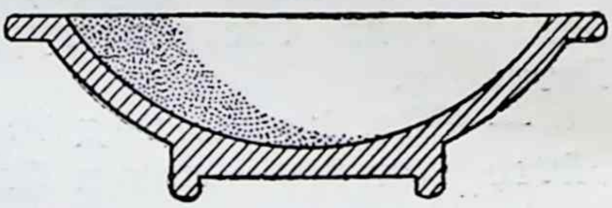
— Сез нәрсә уйлап таптыгыз соң? — дип сорады Гаттерас.

— Безнең линзабыз юк, ләкин без аны ясарбыз.

— Ничек итеп? — дип сорады боцман.

— Боздан кырып шомартып ясарбыз.
— Сез бу нәрсә мөмкин дип уйлыйсызмы...
— Нишләп мөмкин булмасын икән? Кояш нурларының бер ноктага туплануы гына кирәк бит, ә моның өчен боз иң яхшы хрустальне дә алыштыра ала. Ләкин мин төче су бозын артыграк күрер идем: ул ныграк та, үтә күренүчәнрәк тә була.
Боцман сәяхәтчеләрдән йөз адымлап читтә яткан бозны күрсәтте.
— Әнә, ялгышмасам, бу боз кантарының төсенә караганда, ул безгә кирәкле нәрсәнең үзе инде.
— Сез хаклы. Балтагызны алыгыз әле. Киттек, дуслар.
Өчесе дә әлеге боз кантарына таба киттеләр. Чыннан да, ул төче су бозы булып чыкты.
Доктор бер фут диаметрлы боз ватып алырга кушты һәм аны балта белән тигезләп юнырга керешге. Аннары пычак белән кырды, соңыннан кулы белән ышкып шомартты. Иң яхшы хрустальдән ясалгандай үтә күренмәле линза килеп чыкты. Кояш шактый шәп

120 нче рәсем. „Доктор кояш нурларын ку өстенә туплады“.



121 нче рәсем. Боздан линза ясау өчен касә.

яктырта иде. Доктор линзаны аның нурларына куйды да аларны ку өстенә туплады. Берничә секунд үтүгә ку янып та китте“.
Жюль Верн хикәясен бик үк фантастик дип әйтеп булмый: боз линза ярдәмендә агачны кабызу буенча тәҗрибәләр, беренче буларак, 1763 елда ук, бик зур линза ярдәмендә уңышлы нәтиҗә биргәннәр һәм аны

соңыннан да берничә тапкыр уңышлы кабатлап килделәр. Әлбәттә, балта, пычак һәм „коры кул“ белән (48 градуслы чатлама суыкта!) үтә күренмәле боз линза ясау читен, — ләкин аны гадирәк юл белән дә ясап була: тиешле формадагы касәгә (121 нче рәсем) су салып туңдырасың, аннары савытны аз гына җылытасың һәм аннан әзер линзаны аласы гына кала.

Моңа охшашлы тәҗрибә ясап караганда шуны онытмагыз: ул аяз һәм суык көнне ачык һавада гына уңышлы чыга. Ә бүлмәдә, тәрәзә пыяласы артында тәҗрибә барып чыкмас: пыяла кояш нурлары энергиясенең шактый өлешен йота, ә калган өлеше җитәрлек кадәр нык җылыта алмый.

Боз линзаның су линзага караганда да начаррак икәнен әйтергә кирәк: бердән, аның үтә күренүчәнлеге начар, икенчедән, ул яктылык нурларын пыялага түгел, суга караганда да азрак сындыра. Гомумән, линзаның „яктылык көче“, ягъни аның диаметрының фокус ераклыгына чагыштырмасы зуррак булган саен, ут кабызу сәләте көчлерәк булуын күздә тотарга кирәк; шуңа күрә кыска фокуслы һәм зур диаметрлы линзалар алу файдалы. Югарыда сөйләнгәннәрдән чыгып, әлеге тәҗрибә 125 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә эшләнсә, ул уңышсыз чыгачак, дип бик ышанып әйтергә мөмкин.

## Кояш нурлары ярдәмендә

Кышын бик җиңел башкарып чыгарлык мондый бер тәҗрибә ясап карагыз. Кар өстендә Кояш шәп яктырта торган урынга бер үк зурлыктагы ике ситсы кисәге куегыз. Аларның берсе ак, икенчесе кара булсын. Бер яки ике сәгатьтән соң сез кара ситсының карга чумганын күрерсез, ә агы әүвәлге урынында калган булыр. Мондый аерманың сәбәбен эзләп табу кыен түгел: кара төстәге тукыма үзенә төшкән Кояш нурларының күбрәк өлешен йотканлыктан, аның астында кар ныграк эри; ак ситсы исә, киресенчә, ул нурларны чәчеп җибәрә һәм шуңа күрә кара ситсыдан азрак җылына.

Бу гыйбрәтле тәҗрибә турында Веньямин Франклин түбәндәгеләрне яза:

„Мин тегүчедән төрле төстәге берничә квадрат

сукно кисәкләре алдым. Алар арасында карасы, караңгы зәңгәре, ачык зәңгәре, яшеле, җете кызылы, кызылы, агы һәм башка төсмердәгеләре бар иде. Аяз иртәләрнең берсендә мин бу ситсы кисәкләренең барысын да кар өстенә чыгарып куйдым. Берничә сәгать үтүгә, иң нык җылынган кара төстәге кисәк карга шулкадәр тирән батты, хәтта аңа Кояш нурлары төшми башлады. Караңгы зәңгәре дә аның кебек үк диярлек тирән чумды; ачык зәңгәр төстәгесе бераз кимрәк батты; башка төстәгеләреннән ачыграк булганнары өстәрәк калдылар. Ак төстәгесе исә кар өстендә килеш калды, ягъни аз гына да батмады".

„Әгәр теориядән бер файда да чыгарып булмаса, аның нәрсәгә кирәге бар? — дип яза ул бу турыда һәм болай дәвам итә: — Кояшлы җылы климатта кара күлмәкнең ярап ук җитмәвен без шушы тәҗрибәдән күрмибезмени? Кара күлмәк ак төстәгесенә караганда безнең тәнебезне Кояшта ныграк җылыта һәм, әгәр без әле хәрәкәт тә итеп торсак, безне бусы да җылытыр һәм артык җылыну килеп чыгар. Артык кызу булмасын һәм Кояш сукмасын өчен ирләр һәм хатын-кызлар эшләпәсе ак төстә булырга тиеш түгелме икән? Аннары, каралтылган стена көн буена Кояш җылысын җыеп калып һәм төнлә дә азмы-күпме җылысын саклап, фруктыларны өшүдән саклый алмый микән? Игътибарлы күзәтүче төрлечә әһәмиятләре булган башка якларны да күрергә мөмкин түгелмени?"

1903 елда „Гаусс" корабында көньяк-поляр экспедициясе яктылык нурларыннан бик оста файдаланган. Судно бозлар арасына кереп туңып калган һәм котылу өчен күрелгән чараларның берсе дә нәтиҗә бирмәгән. Эшкә кушылган шартлагыч матдәләр белән пычкылар берничә йөз кубометр гына боз арчыган һәм корабны иреккә чыгара алмаган. Шуннан соң яктылык нурларын ярдәмгә чакырганнар: көл белән күмер сибеп ике километр озынлыктагы һәм ун метр чамасы киңлектәге кара тасма сузганнар; ул тасма корабтан боздагы иң якын ярыкка алып барган. Котып җәенең озын һәм аяз көннәре булган, — һәм динамит белән пычкы эшли алмаганны Кояш нурлары эшләп ташлаган. Боз сибелгән эз буенча эрегән дә җимерелеп төшкән һәм кораб боз арасындагы тоткынлыктан иреккә чыккан.

Шул ук физик күренешнең һич көтелмәгәнчә га-

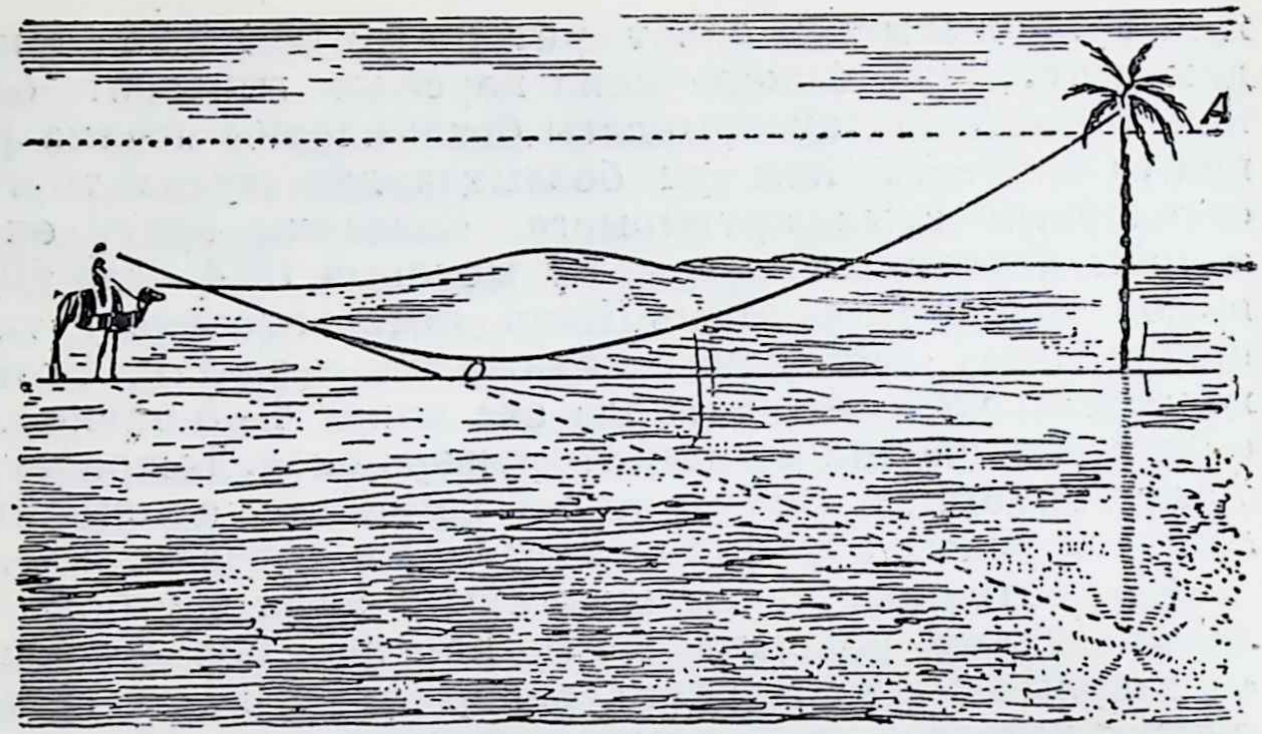
җәп кулланылышын совет метеорологы Жуков тәкъдим итте. Аның фикере менә нәрсәдән гыйбарәт: безнең Урта Азия тауларындагы бозлыкларны ясалма рәвештә эретергә һәм ул бозлыклардан туена торган елгаларның суын арттырырга. Бозларны эретү өчен аларны каралтырга кирәк. Бу ысулның 1934 елда (Давыдов бозлыгында Тянь-Шань обсерваториясе) тикшереп карау бик яхшы нәтиҗәләр күрсәтте. Бозны каралткач ул җәйге айларда аяз көнне 4—5 тапкыр, ә болытлы көнне ике тапкыр тизрәк эри икән. Тәҗрибәләр тәмамланмаган әле (буяучы матдә сайлап алынмаган), ләкин ысулның зур файда китерәчәге күренде инде.

Кар өстендәге ситсы кисәгеннән алып тау бозлыкларын ясалма рәвештә эретү һәм зур бер өлкәдәге елгаларның суын ишәйтүгә кадәр үтелгән юл социалистик төзелеш шартларында физиканың, табигатьне тикшерү методы буларак, куәтен күрсәтеп тора.

### Миражлар турында иске һәм яңа мәгълүматлар

Гади миражның физик сәбәбе, бәлки, күп кенә кешегә билгеле дә түгелдер. Чүлләрдәге кызган комга орынып торучы җылы һава катлавының тыгызлыгы югарыгы катлауларга караганда кимрәк була һәм шунлыктан ул көзге үзлегенә ия булып китә. Бик еракгагы әйбердән сөзәкләнеп килүче нур бу һава катлавына җиткәч, юлын кәкрәйтә һәм алга таба барганда җир өстеннән тагы ерагаеп китеп, күзәтүче кешенең күзләренә барып керә. Бу вакыт ул зур почмак ясап көзгегә төшкәч, кире кайтарылгандай була. Күзәтүче кеше үз каршында чүлдә ялтырап торган су өсте күргәндәй була һәм аңа ярдагы әйберләр су өстендә чагылып күренгән кебек тоела (122 нче рәсем).

Хәер, дөресрәк итеп әйткәндә, кызган туфрак өстендәге һава катлавы нурларны көзгесыман түгел, бәлки су төбеннән караганда су өсте кире кайтарган кебек чагылдыра. Биредә гади кайтарылу түгел, бәлки, физиклар әйтмешли, „эчке кайтарылу“ дигән нәрсә була. Моның өчен яктылык нуры һава катлауларына бик сөзәк килеп керергә, без гадиләштереп күрсәткән 122 нче рәсемдәгегә караганда да сөзәгрәк керергә тиеш; югыйсә төшү почмагы „чик почмактан“ кимрәк булыр һәм эчке кайтарылу килеп чыкмас.



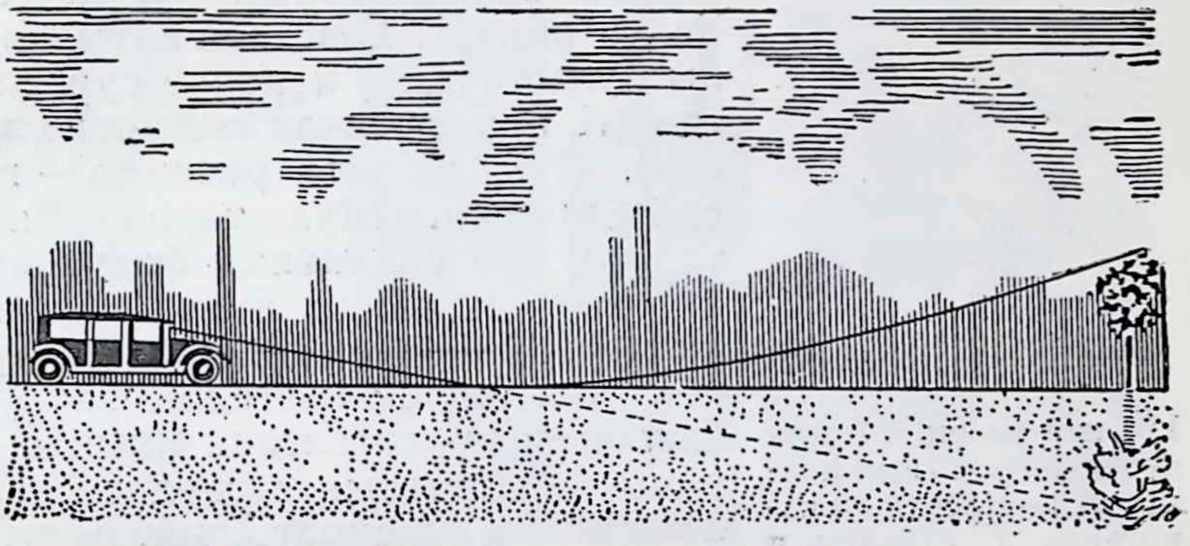

122 нче рәсем. Чүлдә мираж ничек хасил була. Гадәттә дәреслекләрдә китерелә торган бу рәсем яктылык нурының юлын җиргә артык текә төшкән итеп күрсәтә.

Бу теориянең аңлашылмау китереп чыгарырлык бер урыны бар. Бер уңайдан шул турыда сөйләп үтик. Әлеге аңлатуда тыгызрак катлауларның сирәк катлауларга караганда югарырак булуы таләп ителә. Ләкин тыгыз һәм авыр һаваның түбән төшәргә һәм андагы җиңел һаваны кысрыклап чыгарырга омтылуын без беләбез. Мираж күренсен өчен тыгыз һәм сирәк һава катлаулары ничек шулай урнашырга мөмкин соң?

Хикмәт менә нәрсәдә. Һава катлаулары тик торучы һавада түгел, бәлки хәрәкәт итүче һавада шулай урнашалар. Туфрактан җылынган һава катлавы җир өстендә хәрәкәтсез тормый, бәлки югарыга таба кысрыклап чыгарыла һәм аның урынына шунда ук кызган һаваның яңа катлавы килеп урнаша. Өзлексез алмашынып тору аркасында, кызган ком өстенә һәрвакыт сирәк һава орынып тора. Дөрес, бу катлау һаман алмашынып тора, ләкин яктылык нурларына бу нәрсә тәэсир итә алмый.

Без тикшерә торган мираж борын-борынгыдан ук билгеле. Хәзерге метеорологиядә аны „аскы“ мираж дип йөртәләр („өске“ дип атала торган мираж да бар, анысы яктылыкның атмосферадагы югарыгы сирәкләнгән катлаулардан кире кайтарылуы белән аңлатыла).

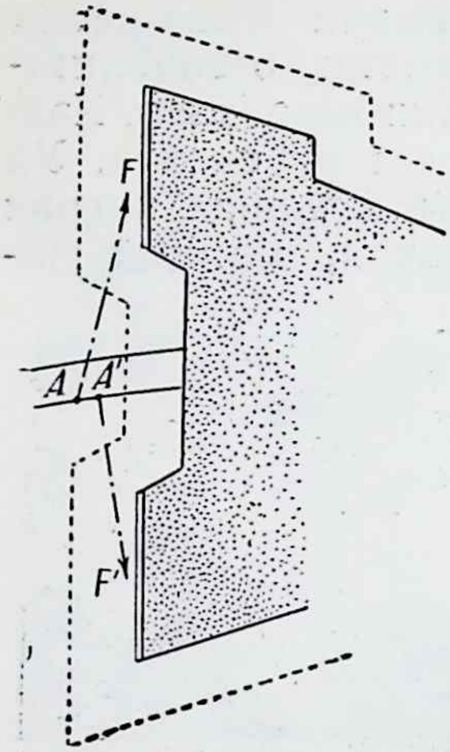
Күпчелек кешеләр мондый мираж көньяк чүлләренең эссе һавасында гына күзәтелергә мөмкин, ә төньяктарак үткән киңлекләрдә ул булмый дип ышаналар. Хәлбуки аскы мираж безнең якларда еш күренгәли. Ул күренешләр асфальтлы яки гудронлы юлларда бигрәк тә еш була; төсләре кара булганлыктан, мондый юл-



123 нче рәсем. Гудрон түшәлгән шосседа мираж.

лар кояшта бик нык җылыналар. Юлның тоныкөслеге шул чакта су җыелган кебек күренә һәм ерактагы әйберләрне чагылдыра. Мондый мираж вакытында яктылык нурларының юлы 123 нче рәсемдә күрсәтелгән. Игътибарлырак булганда моңа охшашлы күренешләрне шактый еш күзәтергә мөмкин.

Ян-як миражы дип атала торган тагы бер мираж була. Анысының хәтта барлыгын да белмиләр. Бу — җылынган текә стенадан кире кайтарылу. Шундый очракны бер француз авторы сурәтләп язган. Крепость фортына якынаеп килгәндә ул тигез бетон стенаның кинәт кенә көзгедәй ялтырый башлавын һәм үзендә тирә-юньне, җир өстен, күк йөзен чагылдыруын күргән. Тагы берничә адым атлагач, ул фортның икенче стенасының да шулай үзгәреп китүен күреп алган. Соры төстәге кытыршы өслек кинәт кенә ялтыравыклы стена белән алмашынгандай тоелган. Көн бик эссе булган һәм стеналар нык кына кызганнар, — аларның көзгесыман булып күренү сәбәбе әнә шул инде. 124 нче рәсемдә форт стеналарының ($F$ һәм $F'$) һәм күзәтүче кешенең ($A$ һәм $A'$) урыннары күрсәтелгән. Кояш нур-




124 нче рәсем. Мираж күренгән фортның планы. *A* ноктасыннан карағанда *F* стенасы, ә *A'* ноктасыннан карағанда *F'* стенасы көзгесыман булып күренгән.

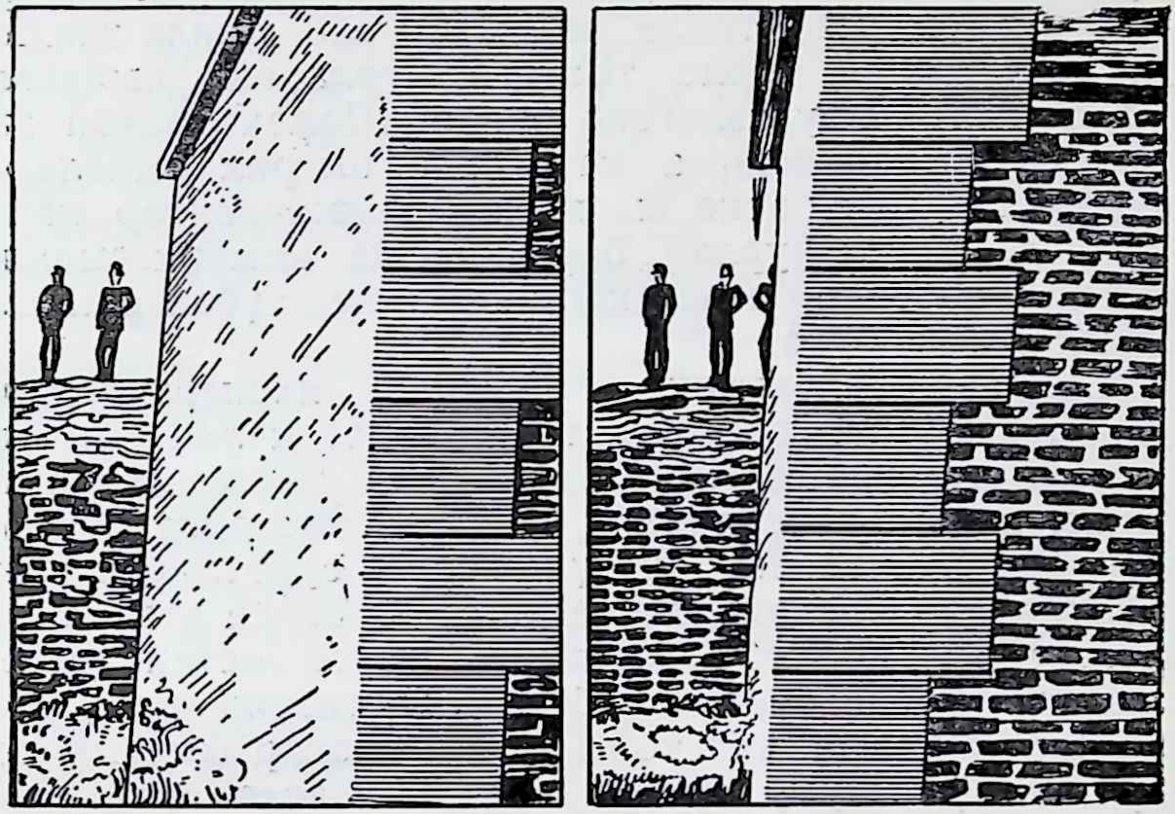
лары стенаны җитәрлек кадәр нык кыздырганда мондый мираж һәрвакыт күренә икән. Бу күренешне хәтта фоторәсемгә дә төшерә алганнар.

125 нче рәсемдә форт стенасының башта тонык булып (сулда), ә аннары көзгедәй ялтыравыклы булып (уңда) күренүе сурәтләнгән (*A* ноктасыннан төшереп алынган). Сул яктагы рәсемдә — гади соры бетон. Шул тирәдә басып торучы ике солдатның фигуралары бетонда чагылып күренә алмый, әлбәттә. Уңда — шул ук стена үзенең күп өлеше көзгедәй ялтырый башлагач күрсәтелгән. Якында торучы солдатның гәүдәсе анда симметрик сурәт ясый. Билгеле, биредә яктылык нурларын стена үзе чагылдырмый, бәлки аңа орынып торган җылы һава катлавы кире кайтара.

Җәйге эссе көннәрдә зур биналарның кызган стеналарына игътибар беләнрәк карарга һәм мираж күренү-күренмәвен тикшерергә кирәк. Игътибарлы булганда мондый мираж күренү очраклары һичшиксез күбәер иде.

## „Яшел нур“

„Диңгез горизонты артына батучы Кояшны күзәткәнегез бармы икән? Бардыр, әлбәттә. Кояш түгәрәгенең өске кырые горизонт сызыгына орынып юкка чыкканга кадәр күзәтеп торганыгыз бармы соң? Бәлки, бардыр. Ләкин күк аяз һәм бик чиста булган чакта якты Кояшның иң соңгы нур ташлавын күрдегезме икән? Юктыр, бәлки. Күзәтергә җае чыкса, аны ычкындырмаска тырышыгыз: сезнең күзегезгә кызыл нур түгел, бәлки гаҗәеп яшел нур күренер. Андый нурны бер генә рәссам да палитрасында ясый алмый, табигать үзе дә төрледән-төрле үсемлек төсләрендә дә, иң үтә күренүчән диңгез төсендә дә аны кабатламый“.



125 нче рәсем. Соры төстәге кытыршы стена (сулда) кинәт кенә күзгедәй ялтыравыклы булып китә.

Бер инглиз газетасындагы шундый мәкалә Жюль Верн язган „Яшел нур“ романының яшь героинясында онытылмас тәэсир калдыра һәм ул яшел нурны үз күзләре белән күрү өчен сәяхәткә чыгып китәргә карар итә. Авторның язуына караганда, яшь шотландияле кызга табигатьнең бу гүзәл күренешен күзәтергә туры килмәгән. Ләкин ул шулай да бар. Яшел нурга бәйләп бик күп легендалар чыгарылса да, ул легенда түгел. Түземлелек белән эзләгәндә табигатьне сөюче һәрбер кеше бу күренешне күзәтеп ләззәтләнә ала.

Яшел нур нилектән күренә соң?

Әйберләргә пыяла призма аша караган чакта аларның ничек күренүен исегезгә төшерсәгез, сез бу күренешнең сәбәбен аңларсыз. Мондый тәҗрибә ясагыз: призманы күзегез янында горизонталь рәвештә киң ягын аска каратып тотыгыз да, стенага элеп куелган кәгазь битенә карагыз. Сез, беренчедән, кәгазьнең чын торышыннан шактый югары күтәрелгәнен, ә икенчедән, аның өске ягында шәмәхә төстәге, аскы ягында

саргылт-кызыл кайма күрерсез. Күтәрелебрәк күренү яктылык сынуга, төсле каймалар исә пыяла дисперсиясенә, ягъни төрле төстәге нурларны пыяланың төрлечә сындыру үзлегенә бәйле. Шәмәхә белән зәңгәр нурлар башкаларга караганда ныграк сыналар — шунлыктан без өске кырыйда шәмәхә-зәңгәр кайма күрәбез, кызыл нурлар барыннан да кимрәк сыналар һәм шул сәбәпле безнең кәгазь битенең түбәнге ягында кызыл кайма була.

Соңрак сөйләнәчәк нәрсәләрне яхшырак аңлау өчен төсле каймаларның ни сәбәпле килеп чыгуына тукталырга кирәк. Кәгазьдән килә торган ак яктылыкны призма спектрдагы барлык төсләргә тарката һәм кәгазь битенең бик күп төсле сурәтләрен ясый; ул сурәтләр өлешчә берсе өстенә берсе ятып сынучанлык тәртибендә тезеләләр. Берсе өстенә берсе салынган төсле сурәтләр берьюлы тәэсир итеп, безнең күзебездә ак төс тойгысы тудыралар (спектр төсләренең кушылуы), ләкин өстә һәм аста аралашмый калган төсләрнең каймалары күренә. Гейне дигән атаклы шагыйрь бу тәҗрибәне ясап караган, ләкин аның асылына төшенмәгән һәм Ньютонның төсләр турындагы тәгълиматында хата таптым дип уйлаган. Шуннан соң ул „Төсләр турындагы фән“ дигән үз тәгълиматын бәян иткән. Аның бу яңа фәне бөтенләй диярлек ялгыш аңлауга нигезләнгән. Безнең укучыбыз бөек шагыйрьнең ялгышларын кабатламас һәм призмадан һәр нәрсәне буяп күрсәтүне көтмәс дип уйлыйбыз.

Җир атмосферасы безнең күзләребез өчен гаять зур һава призмасы кебегрәк була. Бу призманың нигезе түбәнгә караган. Горизонт янындагы Кояшны күзәткәндә, без аңа газ призмасы аша карыйбыз. Кояш түгәрәге өстә зәңгәр һәм яшел төсләрдәге, түбәндә — кызыл-сары төстәге кайма белән читләнеп күренә. Кояш горизонттан югары торганда, дискның яктылыгы үзеннән шактый тоныграк булган төсле каймаларны күмеп китә һәм без аларны бөтенләй күрмибез. Ләкин кояш чыкканда яки батканда, аның түгәрәге бөтенләй диярлек горизонт астында торган чакта, без өске кырыйдагы зәңгәр кайманы күрә алабыз. Ул ике төстә: өске якта — зәңгәр, түбәндәрәк — күк төстәге урын була. Күк төс зәңгәр һәм яшел нурлар кушылу-

дан килеп чыга. Горизонт янындагы һава тәмам чиста һәм үтә күренмәле булганда, без зәңгәр кайманы — „зәңгәр нурны“ күрәбез. Ләкин, еш кына, зәңгәр нурларны атмосфера чәчеп җибәрә һәм яшел кайма үзе генә кала. Бу инде „яшел нур“ була. Ниһаять, атмосфера зәңгәр нурларны да, яшел нурларны да чәчеп җибәргән вакытлар бик еш була, ул чакта һичнинди кайма да күзәтелми. Кояш кызыл шар рәвешендә бата.

„Яшел нур“га карата махсус тикшеренү эшләре башкарган, Пулково астрономы Г. А. Тихов бу күренешнең кайбер билгеләрен ачкан. „Әгәр дә кояш баткан чагында кызыл төстә булып, аңа гади күз белән җиңел карап булса, яшел нур күренмәс дип ышанып әйтергә мөмкин“. Сәбәбе аңлашыла инде: Кояш дискысының кызыллыгы атмосферада өске кырыйдагы зәңгәр һәм яшел нурларның чәчелеп бетүен күрсәтеп тора.

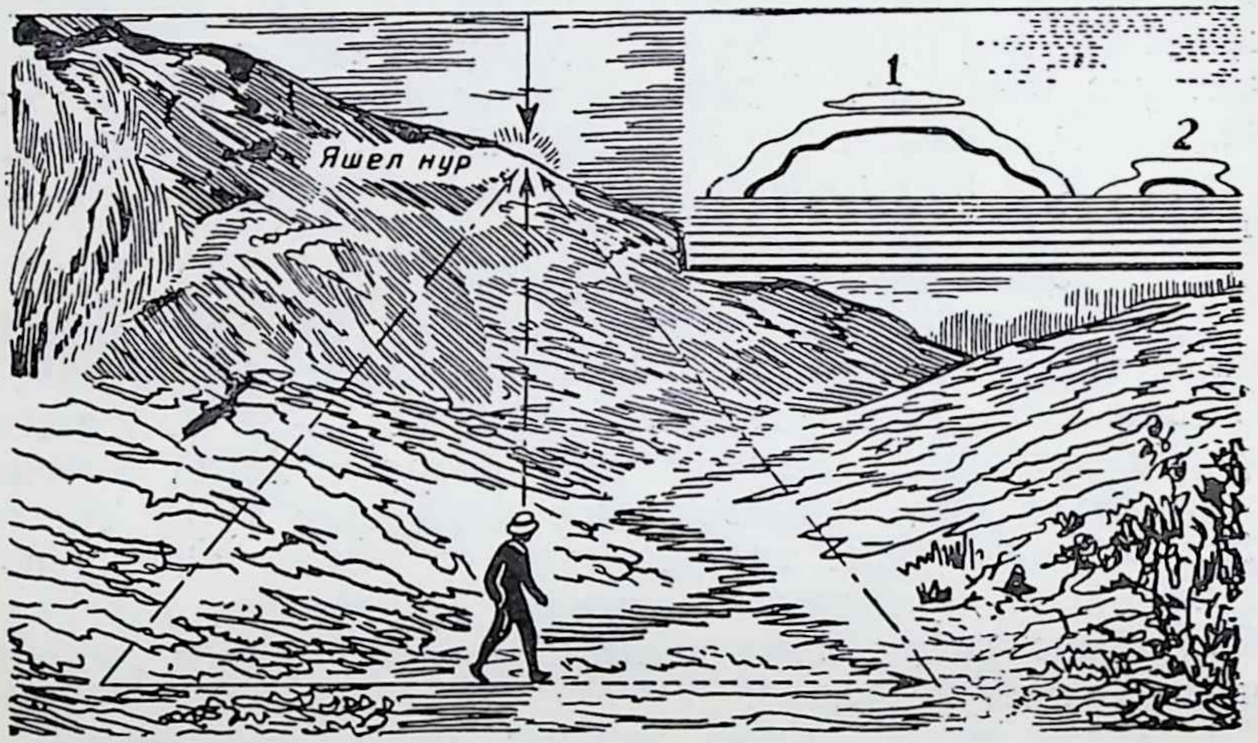
Астроном алга таба болай яза:

„Әгәр, киресенчә, Кояш үзенең гадәттәге аксылсары төсен аз үзгәртсә һәм бик якты булып батса (ягъни атмосфера яктылыкны аз йотса. — *Я. П.*), яшел нур күренү бик ихтимал дип көтәргә ярый. Ә менә шул чакта инде горизонтның аермачык туры сызык булуы, анда төрле тигезсезлекләр, урман яки каралтылар һ. б. булмавы әһәмиятле. Бу шартлар диңгездә бик яхшы үтәлә; менә шуңа күрә, яшел нурны диңгезчеләр яхшы беләләр“.

Шулай итеп, „яшел нурны“ күрү өчен, кояшны баеган яки чыккан чагында күк бик аяз булганда күзәтергә кирәк икән. Көньяк илләрдә күк йөзе горизонт янында бездәгедән чистарак, шуна күрә анда „яшел нур“ ешрак күренә. Күп кенә кешеләр, Жюль Верн романы тәэсире аркасында булса кирәк, бездә „яшел нур“ сирәк күзәтелә дип уйлыйлар. Ләкин ул алай түгел. „Яшел нурны“ тырышып эзләгәндә иртәме-соңмы уңышка ирешеп була. Бу гүзәл күренешне карау көпшәсенә тотып алучылар да булган. Эльзастагы ике күзәтүче шундый бер күзәтү турында түбәндәгеләрне сөйлиләр:

... „Кояш баер алдыннан, иң соңгы минутта, Кояшның әле бер өлеше күренеп торган чакта, дулкынсыман чайкалучы, ләкин читләре аермачык күренгән диск яшел кыршау кигезелгән кебек була. Кояш тәмам

батмыйча торып, бу кыршау гади күзгә күренми. Кояш горизонт астына төшеп югалгач кына, кыршау күренә башлый. Житәрлек кадәр нык зурайта (100 тапкыр чамасында) торган көпшә аша караганда бөтен күренешләрне җентекләп күздән кичерергә мөмкин: яшел кайма Кояш баеганчы күп дигәндә 10 минут кала күренә башлый, ул Кояш дискысының өске ягында була, ә түбәнге кырыйда кызыл кайма күренеп тора. Кайманың киңлеге башта бик кечкенә, дуганың берничә секунды кадәр генә була. Кояш байый барган саен аның




126 нчы рәсем. „Яшел нурны“ озаклап күзәтү. Күзәтүче кеше „яшел нурны“ тау сырты артында 5 минут күреп тора. Өстә уң якта — карау көпшәсе аша күренгән „яшел нур“. Кояш дискысының кырыйлары тигезсез. *1* нче торышта Кояш яктысы күзне томалый һәм яшел кайманы гади күз белән күрүгә комачау ясый. *2* нче торышта, Кояш баегач диярлек, „яшел нурны“ гади күз белән дә күреп була.

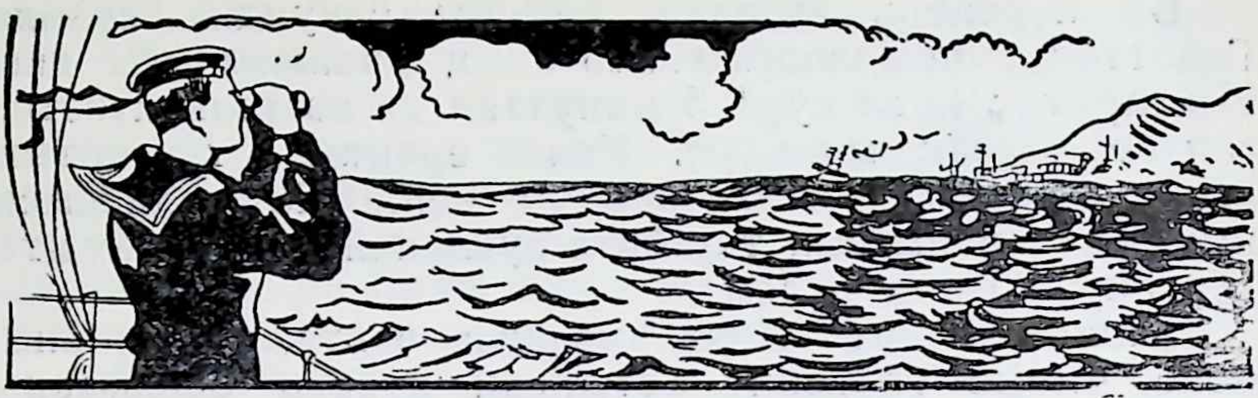
киңлеге арта һәм кайчакта дуганың ярты минутына кадәр җитә. Яшел кыршау өстендә, еш кына, шундый ук төстәге чыгынтылар күренә, Кояш акрынлап батып килгәндә алар аның кырыеннан өскә таба шуган кебек булалар; кайчакта алар кыршаудан аерылып китәләр һәм берничә секунд буена яктырып торалар, аннары сүнәләр“ (126 нчы рәсем).

Бу күренеш, гадәттә, бер-ике секундка сузыла. Гадәттән тыш хәлләрдә исә аның дәвамлылыгы шактый арта. „Яшел нур“ 5 минуттан да озаграк күзәтелгән бер очрак мәгълүм. Кояш ерактагы тау артына баеганда тиз-тиз атлап баручы кеше Кояш дискысының яшел каймасын тау бите буйлап шуган кебек итеп күргән (126 нчы рәсем).

„Яшел нурны“ Кояш чыккан чакта, ягъни аның өске кырые горизонт астыннан күренә башлаганда күзәтү бигрәк тә гыйбрәтле. „Яшел нур“ — оптик алдану гына ул, әле генә баеган Кояшның якты нурларыннан арыган күз шулай алдана, дигән фикерне әнә шул күзәтү юкка чыгара.

„Яшел нур“ чыгаручы яктырткыч бер Кояш кына түгел. Батып баручы Венера тудырган „яшел нурны“ да күзәткәләгәннәр; шундый ике күзәтү мәгълүм.

Атмосфера оптикасының башка күренешләре кебек үк, „яшел нур“ да әле җентекләп аңлатылып бетмәгән. Сәбәп шунда: физиклар бу күренешкә әле күптән түгел генә игътибар иттеләр һәм күзәтүләр саны да җитәрлек түгел. „Яшел нурны“ үз күзләре белән күргән кешеләр, һичшиксез, фәнгә ярдәм итәрләр: физика дусларының чын күңелдән тырышып күзәтүләре биредә дә бик файдалы булыр.



ТУГЫЗЫНЧЫ БҮЛЕК

# БЕР КҮЗ БЕЛӘН ҺӘМ ИКЕ КҮЗ БЕЛӘН КҮРҮ

## Фотография булмаган заманнарда

Фотография безнең тормышыбызда гадәткә кереп киткән нәрсә исәпләнә. Хәтта без үзебезнең ата-бабаларыбызның фотографиядән башка ничек яшәүләрен дә күз алдына китерә алмыйбыз. Диккенс үзенең „Пикквик клубы язмалары“ дигән әсәрендә Англия дәүләт оешмаларында кешенең тышкы кыяфәтен „төшереп алу“ турында бик кызык итеп сөйли. Пикквик дигән кешене бурыч төрмәсенә[1] алып китәләр.

„Пикквикка сурәтен төшереп алганга кадәр утырып торырга куштылар.

— Минем портретымны төшерәчәкләрмени? — диде м-р Пикквик.

—Сезнең кыяфәтегезне, сэр,— дип җавап бирде эре гәүдәле төрмәче.— Шуны белдереп китим: без портретлар төшерүнең осталары бит. Кымшанырга да өлгермәссез — сурәтегез әзер булыр. Утырыгыз да, сэр, үзегезне өйдә дип хис итегез.

[1] Бурычка баткан кешеләр төрмәсе.

М-р Пикквик ул әйткәнне тыңлады һәм барып утырды. Шул чакны Самуэль (Пикквикның хезмәтчесе) „портрет төшерүне“ монда үзенә бертөрле аңларга кирәклеге турында хуҗасының колагына гына пышылдап болай диде:

— Төрмәчеләр сезнең йөзегезне башка арестантларныкыннан аеру өчен өйрәнәләр дигән сүз бу, сэр.

„Сеанс башланды. Юан төрмәче м-р Пикквикка гамьсез генә карап куйгалады, ә аның иптәше исә мистерга каршы басып бик текәлеп карый башлады. Өченче бер джентльмен м-р Пикквикның борын төбенә үк килеп басты да аның йөзен бик игътибар белән өйрәнергә кереште.

„Ниһаять, портрет төшерелеп бетте һәм м-р Пикквикка, төрмәгә барырга мөмкин, дип әйттеләр“.

Диккенс сөйләгәннәрдән дә элегрәк хәтердә калдыру юлы белән төшерелә торган мондый „портретларны“ кешенең тышкы билгеләре исемлеге дип йөрткәннәр. Пушкинның „Борис Годуновта“ Григорий Отрепьевның билгеләрен хәтерлисездер: „Буе карсак, күкрәге киң, бер кулы икенчесеннән кыскарак, күзләре зәңгәр, чәче җирән, битендә бер миңе, маңгаендa икенче миңе бар“. Безнең заманда исә фоторәсем, ә кайчакта бармак сырларының басылган эзләрен бирәләр.

## Күп кеше нәрсәне белми?

Фотография безнең тормышка үткән гасырның 40 елларында „дагеротипия“ исеме белән килеп керде. Бу — металл пластинкадагы фоторәсемнәр иде. Яктылык ярдәмендә сурәт төшерүнең мондый ысулында бер кимчелек бар: аппарат каршында артык озак— уннарча минут тик торырга кирәк була иде...

„Минем бабам үзенең бердәнбер һәм ышанычлы булмый торган рәсемен төшертү өчен фотография камерасы каршында кырык минут утырган“,— дип сөйли Ленинград физигы профессор Б. П. Вейнберг.

Ләкин портретларны рәссамсыз гына төшерү кешеләргә артык яңа булып, могҗиза булып тоелган һәм халык бу уйга тиз генә күнегеп китә алмаган. Күптәнге рус журналында (1845 елгы) моңа карата кызыклы гына бер вакыйга турында сөйләнә:

„Дагеротипның үзеннән-үзе эшләвенә әле хәзер дә

күп кешенең ышанасы килми. Бер кеше үзенең рәсемен төшертергә килгән. Хуҗа (ягъни фотограф—*Я. П.*) аны урындыкка утырткан, пыялаларын көйләгән, бер такта кисәге кертеп урнаштырган, сәгатенә караган да чыгып киткән. Хуҗа бүлмәдә чакта әлеге кеше каккан казыктай селкенмичә утырган. Ләкин хуҗа чыгып киткәч тә, рәсем төшертергә килгән кешебез, тик кенә утыруны кирәк дип тапмаган, аягүрә баскан, тәмәке иснәгән, аппаратны һәрьяклап карап чыккан, күзләрен пыялага терәгән дә, башын чайкап алып: „Гаҗәп нәрсә",— дип сүз ташлагач, бүлмә буйлап арлы-бирле йөрергә тотынган.

Хуҗа килеп кергән дә, ишек катында катып калып, гаҗәпләнеп сораган:

— Сез ни эшлисез! Мин сезгә тик утырырга дип әйткән идем бит!

— Әйе, мин утырып тордым. Сез чыгып киткәч кенә тордым.

— Сезгә нәкъ менә шул чакны утырып торырга кирәк иде.

— Нигә мин бер дә юкка гына утырып торыйм ди".

Бу китапны укучы, без хәзер алай беркатлы түгел, фотографияне яхшы беләбез дип уйлыйдыр. Ләкин әле безнең көннәрдә дә, күпчелек кешеләр фотографиягә күнегеп үк җитмәгәннәр һәм әзер фоторәсемне дөрес *карый белүчеләр* сирәк очрый. Сез, аны карарга өйрәнәсе дә юк — рәсемне кулга тотасың да карыйсың, дип уйлыйсыздыр, бәлки. Ләкин бу эш алай гади түгел: көнкүрештә киң таралган күп кенә әйберләрдән дөрес файдалана белмәгән шикелле, без фотография рәсемнәрен дә дөрес карый белмибез. Һәвәскәр һәм профессиональ фотографларның күбесе фоторәсемне *тиешенчә карый белми.* Ә башка кешеләр турында сөйләп тә торасы юк инде. Фотография сәнгате йөз елдан артыграк вакыт билгеле булса да, күпчелек кешеләр фотография рәсемнәрен дөрес карарга өйрәнмәгәннәр әле[1].

---

[1] „Кызыклы физиканы" укучылардан күп кенә кешеләр, шул исәптән, физикага һәм фотографиягә якын өлкәдә эшләүчеләр дә фоторәсемнәрне дөрес карау ысулы турында беренче тапкыр шушы китаптан укып белүләрен әйттеләр.

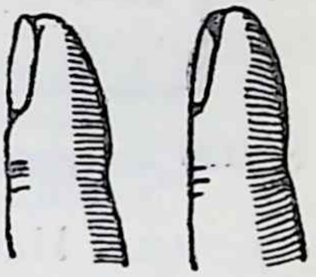
## Фоторәсемнәрне карау осталыгы

Фотография камерасы үзенең төзелеше ягыннан зур күзгә охшаган: камераның тоныкпыяласындагы сурәт төшерелә торган әйберләр белән объектив арасындагы ераклыкка бәйле. Әгәр объектив урынында безнең күзебез (истә тотыгыз — сыңар күзебез!) торганда, ул ни күрсә, фотография аппараты әнә шул перспектив күренешне пластинкада беркетеп кала. Димәк, әгәр без фоторәсем натурага карагандагы шикелле үк тәэсир калдырсын дип теләсәк, түбәндәгеләрне истә тотарга тиешбез:

1) Фоторәсемне сыңар күз белән генә карарга.

2) Фоторәсемне күздән тиешле ераклыкта тотарга.

Фоторәсемне ике күз белән караганда безгә күләмле картина түгел, бәлки яссы картина күренәчәген аңлау кыен түгел. Бу нәрсә безнең күзләребезнең үзенчәлегеннән килеп чыга. Без күләмле әйбергә караган чакта күзләребезнең челтәр катлавында ике төрле сурәт ясала, уң күзебез күргән нәрсә, сул күз күргәнгә охшап үк җитми (127 нче рәсем). Әйберләрнең күләмле булып күренүендә төп сәбәп, асылда, сурәтләрнең бердәй булмавы: безнең аңыбыз ике төрле тәэсирне рельефлы бер сурәт итеп куша (мәгълүм булганча, стереоскопның төзелеше дә шуңа нигезләнгән). Әгәр безнең каршыда яссы нәрсә — мәсәлән, стена булса, эш башкача; ул чагында һәр ике күз дә бердәй үк тәэсирләнәләр; бу бердәйлек безнең аңыбызга әйбернең яссы икәнен белдереп тора.



127 нче рәсем. Әгәр кулны якында гына тотсак, уң һәм сул күзләргә бармак ничек күренә.

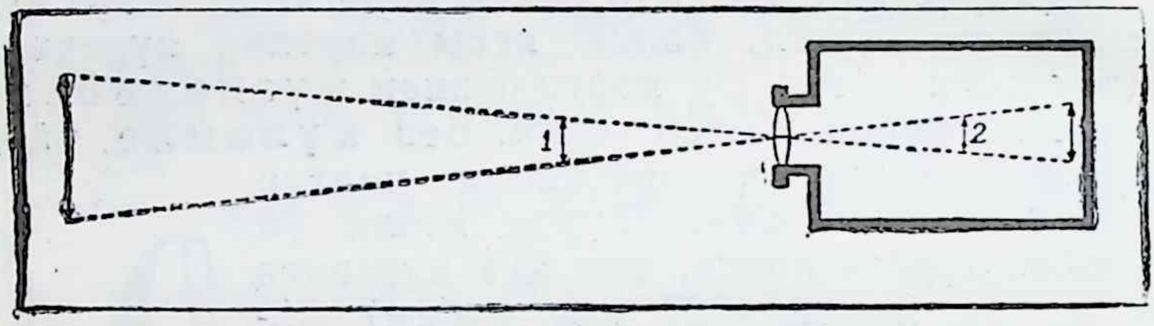
Фоторәсемне ике күз белән караганда ничек ялгышуыбыз хәзер инде ачык аңлашыла; бу вакыт без аңыбызга каршыда яссы сурәт тора дигән уйны көчләп тагабыз! Сыңар күз өчен генә билгеләнгән фоторәсемне ике күз белән караган чакта без үз-үзебезгә комачаулыйбыз һәм фотография бирердәй нәрсәне күрә алмыйбыз; фотография камерасы төзи алган гүзәл иллюзия шул ялгышлык аркасында югалып кала.

### Фоторәсемне нинди ераклыкта тотарга кирәк?

Фоторәсемне күздән тиешле ераклыкта тотарга дигән икенче кагыйдә дә бик әһәмиятле; югыйсә дөрес перспектива югалачак.

Бу ара күпме булырга тиеш соң?

Аппаратның объективы сурәтне тоныя пыялада нинди почмак ясап „күргән“ булса, ягъни фотога төшерелә торган әйберне объектив нинди почмак ясап „күрсә“, фоторәсемгә дә шундый ук почмак ясалырлык итеп карарга кирәк (128 нче рәсем). Моннан шундый нәтиҗә килеп чыга: әйбернең сурәте чын зурлыгыннан ничә тапкыр кечерәк булса, күздән алып фоторәсемгә кадәр булган ара әйбердән алып объективка кадәр ераклыктан шул сан тапкыр кимрәк булырга тиеш.




128 нче рәсем. Фотоаппаратта *1* почмагы *2* почмагына тигез.

Икенче сүзләр белән әйткәндә, фоторәсемнең күздән ераклыгы объективның фокус озынлыгына якынча тигез булырга тиеш.

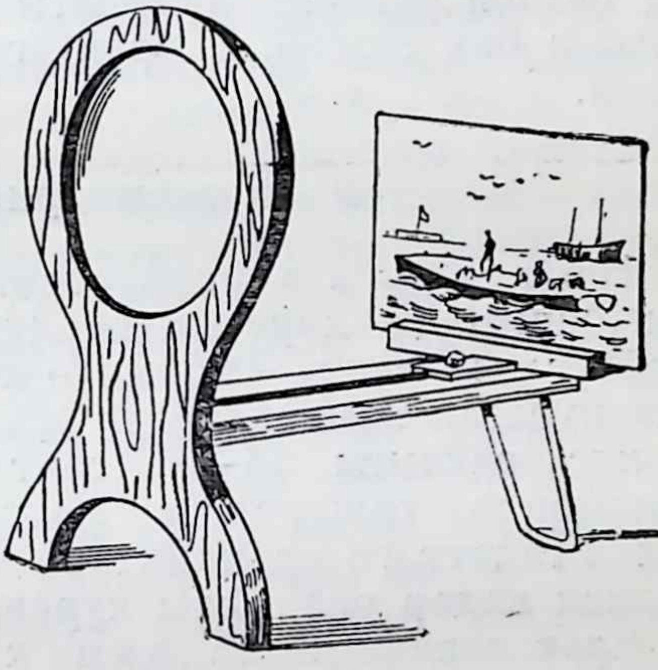
Һәвәскәрләрдәге аппаратларның күбесендә фокус ераклыгы 12—15 *см* булуын искә төшерсәк, фоторәсемнәрне бервакытта да дөрес ераклыкта тотып карамавыбызны аңларбыз: нормаль күзнең яхшы күрү ераклыгы (25 *см*) әлеге саннан ике тапкыр диярлек зуррак. Стенага эленгән фоторәсемнәргә без тагы да ераграк арадан карыйбыз, шуңа күрә алар да яссы булып тоелалар.

Ерактан күрмәүче кешеләрдә яхшы күрү ераклыгы кечкенә була. Алар гади фоторәсемне гадәттәгечә тотып та рельеф эффектын күрә алалар (сыңар күз белән). Балаларда да якыннан күрү сәләте бар һәм алар да, фоторәсемне күздән 12—15 *см* ераклыкта тотып, алгы планның арткы планнан стереоскоптагыча диярлек аерылуын күзәтәләр.

Без фоторәсемнәрнең „җансыз“ булуыннан юкка гына зарланабыз. Чөнки, үзебезнең хәбәрдар булмавыбыз аркасында, аларны дөрес карый белмибез. Укучыбыз моңа ышангандыр дип өметләнәм. Димәк, эш шунда гына: без күзебезне фоторәсемгә карата тиешле ноктада тотмыйбыз һәм сыңар күз өчен билгеләнгән сурәткә ике күз белән карыйбыз.

## Зурайтучы пыяланың гаҗәеп үзлеге

Әле генә әйткәнебезчә, якыннан күрүче кешеләргә гади фоторәсемнәрне рельефлы итеп күрү бик җиңел. Ә нормаль күзле кешеләргә нишләргә соң? Алар сурәтләрне күзгә бик якын китерә алмыйлар, ләкин биредә аларга зурайтучы пыяла ярдәм итә. Мондый кешеләр фоторәсемне ике тапкыр зурайтучы линза аша карап, якыннан күрүчеләр кебек күрә алалар, ягъни күзләренә артык киеренкелек китермичә генә, фоторәсемнәрне рельефлы итеп күрәләр. Фоторәсемгә ике күз белән ерактан карау белән линза аша карау арасында гаять зур аерма бар. Фоторәсемне болай карау стереоскоп эффектын алыштыра ала дияргә ярый.



129 нчы рәсем. Фоторәсемнәрне карау өчен лупа.

Сыңар күз белән лупа аша караганда фоторәсемнәрнең ни өчен рельефлы булып күренүе хәзер аңлашылса кирәк. Бу нәрсә һәркемгә мәгълүм; хәтта фотография магазиннарында моңа нигезләп ясалган махсус приборлар да очрый, алар аша фоторәсемнәрне карыйлар (129 нчы рәсем). Ләкин бу күренешне дөрес аңлап җиткермиләр. Мәсәлән, „Кызыклы физика“ китабының бер рецензенты бу турыда миңа түбәндәгеләрне язган иде:

„Китапның икенче басмасында мондый мәсьәләне

карап чыгыгыз: фоторәсемгә гади лупа аша караганда ул нилектән рельефлы булып күренә? Минемчә, стереоскопны болай катлаулы итеп аңлату тәнкыйтьтән түбән тора. Стереоскоп аша сыңар күз белән карап карагыз: рельефлылык барыбер кала—бу исә теориягә каршы килә".

Стереоскоп теориясенең әлеге фактны бер дә җимермәве хәзер укучыга, әлбәттә, аңлашылгандыр.

Уенчык кибетләрендә сатыла торган „панорамаларның“ кызыклы эффекты да шуңа нигезләнгән. Кечкенә генә бу приборда табигать күренешенең яки кешеләр төркеменең гади фоторәсеменә сыңар күз белән лупа аша карыйсың. Рельеф хасил булсын өчен шул җитә кала; кайчакта алгы пландагы әйберләрнең кайберләрен аерым кисеп ясыйлар һәм фотография алдына урнаштыралар — бу исә иллюзияне тагы да көчәйтә; безнең күзебез якындагы әйберләрнең рельефлылыгына бик сизгер, ә ерактагыларына алай ук сизгер түгел.

### Фоторәсемнәрне зурайту

Нормаль күз фоторәсемнәрне зурайтучы пыяладан башка да дөрес күрерлек итеп эшләп буламы? Әлбәттә, мөмкин, — моның өчен озын фокуслы объектив куелган камералардан файдаланырга гына кирәк. Фокус ераклыгы 25—30 сантиметр булган объектив ярдәмендә төшерелгән фоторәсемнәрне сыңар күз белән гадәттәге ераклыктан да карап була, — ул җитәрлек кадәр рельефлы күренә.

Ерак арадан хәтта ике күз белән караганда да яссы булып тоелмаслык фоторәсемнәр төшерергә мөмкин. Нинди дә булса бер әйбер безнең ике күзебездә дә бердәй сурәтләр ясаса, безнең аңыбыз аларны бер яссы сурәткә берләштерә. Ләкин ераклык арту белән бу „омтылыш“ көчсезләнә. Тәҗрибәләр күрсәткәнчә, фокус ераклыгы 70 сантиметр булган объектив ярдәмендә төшерелгән фоторәсемнәрне турыдан-туры ике күз белән карарга ярый. Бу вакыт перспектива югалмый.

Ләкин озын фокуслы объективның үзенең дә кыен яклары бар. Шуңа күрә башка ысулны да күрсәтеп китик: гади аппарат ярдәмендә төшерелгән фоторәсемнәрне зурайтырга кирәк. Бу вакытта фоторә-

семне дөрес игеп карау ераклыгы да арта. Мәсәлән, әгәр 15 сантиметрлы объектив белән төшерелгән фоторәсемне 4 яки 5 тапкыр зурайтсаң, кирәкле эффект килеп чыгар: зурайтылган фоторәсемне 60—75 сантиметр ераклыктан ике күз белән карарга мөмкин. Рәсемнең аз-маз тонык булуы комачау итми, чөнки ерак арадан караганда ул сизелми дә диярлек. Рельефлы булу ягыннан исә фоторәсем әлбәттә яхшыра төшә.

## Кинотеатрда иң яхшы урын

Кинотеатрларга еш йөрүче тамашачылар, бәлки, кайбер картиналарның гадәттән тыш рельефлы булуын сизенгәннәрдер: фигуралар арткы планнан аерылалар һәм кабарынкы булып күренәләр, хәтта экрандагы ситсы турында да онытып җибәрәсең һәм чын ландшафт яки сәхнәдә уйнаучы артистлар күренгәндәй тоела.

Сурәтләрнең мондый рельефлылыгы кинолента үзлекләренә бәйле дип уйлаучылар еш очрый. Ләкин бу күренеш тамашачы утырган урынга бәйле була. Кинематография сурәтләре бик кыска фокуслы камералар ярдәмендә төшерелсәләр дә, экранга бик нык — йөзәр тапкыр — зурайтылып проекцияләнәләр. Шуңа күрә аларны бик ерактан (10 $см \times 100 = 10$ $м$) ике күз белән дә карарга мөмкин. Кинога төшергән вакытта аппарат әйберләргә билгеле бер почмак ясап „карый"; әгәр без дә картинаны шундый почмак ясап карасак, ул бик рельефлы булып күренер. Шул чакта безнең күз алдына табигый перспектива килеп басар. Иң файдалы карау почмагына туры килгән араны ничек белергә соң? Моның өчен, бердән, картинаның урталыгына каршы утырырга кирәк. Икенчедән исә, объективның фокус ераклыгы кинематография тасмасыннан ничә тапкыр зуррак булса, экраннан алып тамашачыга кадәт ераклык та картина киңлегеннән шул тапкыр зуррак булырга тиеш.

Гадәттә, кинематографиядә фокус ераклыгы, кинога төшерүнең үзенчәлегенә карап, 35 *мм*, 50 *мм*, 75 *мм* һәм 100 *мм* лы камералардан файдаланалар. Тасманың стандарт киңлеге 24 *мм*. Мәсәлән, 75 *мм* лы фокус өчен түбәндәге чагыштырма табыла:

$$\frac{\text{эзләнә торган ераклык}}{\text{картинаның киңлеге}} = \frac{\text{фокус ераклыгы}}{\text{кинолентаның киңлеге}} = \frac{75}{24} \approx 3.$$

Шулай итеп, бу очракта экраннан күпме ераклыкта утырырга кирәклекне белү өчен, картинаның киңлеген 3 кә тапкырлау җитә. Әгәр кинематография сурәтләренең киңлеге алты адым булса, бу кадрларны карау өчен иң яхшы урыннар экраннан 16 адым читтә булыр.

Кинокартиналарны стереоскопик итү буенча кертелгән тәкъдимнәрне сынап тикшергән чакта бу нәрсәләрне истән чыгармаска кирәк: әле генә күрсәтелгән сәбәпләр аркасында килеп чыккан эффектны тикшерелә торган ачышка бәйләп ялгышырга да мөмкин (мондый ялгышлар булгалады).

## Сурәтле журналлар укучыга киңәш

Китап-журналларда басылган фоторәсемнәрнең үзлекләре дә оригиналь фотографиянеке кебек була, әлбәттә: тиешле ераклыктан сыңар күз белән караганда алар да рельефлырак булып китәләр. Төрле фоторәсемнәр фокус ераклыгы төрлечә булган аппаратлар белән төшерелгәнгә күрә, аларны карау өчен тиешле араны тәҗрибәдә генә белеп була. Бер күзегезне йомыгыз да сурәтне алга сузылган кулыгызда тотыгыз. Сурәт яссылыгы карау юнәлешенә перпендикуляр булсын, ә күзегез фоторәсемнең урталыгына туры килсен. Шуннан соң фоторәсемне акрын гына якын китерә башлагыз һәм аңа ныклап карап торыгыз: рәсемнең рельефлы булып киткән вакытын сез бик җиңел күреп алырсыз.

Гадәттәгечә караганда яссы һәм тонык булып күренгән рәсемнәрне шушы ысул белән карасаң, алар ачык һәм рельефлы булып күренәләр. Кайчакларда су ялтыравы һәм башка стереоскопик эффектлар да сизелә башлый.

Биредә сөйләнгән нәрсәләр турында бик аз кеше белә. Шуны да әйтергә кирәк, бу фактлар турында популяр китапларда ярты гасырдан элегрәк тә кат-кат сөйләнеп килгән иде.

Тагы бер нәрсәгә игътибар итик. Зурайтылган фоторәсемнәр чынбарлыкка якынрак торалар, кечерәйтелгәндә исә, киресенчә, алар бу охшашлыкны шактый югалталар. Дөрес, кечерәйтелгән фоторәсемнәр ачыграк килеп чыгалар, ләкин алар яссы булалар, рельефлы булып күренмиләр. Моның сәбәбе югарыда

сөйләнгәннәрдән аңлашыла торгандыр: болай да кечкенә булган „перспектива ераклыгы“ фоторәсемнәрне кечерәйткән чакта тагы да кими төшә.

## Картиналар карау

Фоторәсемнәрне карау турында сөйләнгән нәрсәләр рәссам кулы ясаган картиналарны карауга да азмыкүпме кагыла: аларны да тиешле ераклыкта торып карау яхшырак. Сез шул чакта гына перспектива барлыгын тоярсыз һәм картина яссы булып түгел, бәлки рельефлы һәм җисми булып күренер. Кечкенә рәсемнәргә ике күз белән карамыйча, сыңар күз белән карау да файдалы. Зур картиналардан төшереп алынган фоторәсемнәр оригиналга караганда да рельефлырак булып чыккалый. Картинаны кечерәйткәндә сурәтне карау ераклыгының да кимүен исегезгә төшерсәгез, моның сәбәбен бик тиз аңларсыз.

## Күләмле әйберләрне яссылыкта сурәтләү

Фоторәсемнәрне, шулай ук рәссамнәр төшергән картиналарны югарыда сөйләнгәнчә карарга кирәк. Ләкин бу яссы рәсемнәрне башкача карасаң, күләм һәм рельеф тәэсире калмый дигән сүз түгел. Һәрбер художник — рәссам булсын, график яки фотограф булсын — сурәтне ничек кенә караганда да тамашачыда тәэсир калырлык итеп эш итә; күргәзмәгә килгән кеше бер күзен йомып, һәрбер рәсемне күпме ераклыкта торып карарга икән, дип залдан залга йөрер, дип уйламый.

Рәсем ясау сәнгате техникасының һәм шул исәптән фотография техникасының да кулында өч үлчәмле пространствоны яссылыкта күрсәтү өчен зур мөмкинлекләр бар. Төрле ераклыктагы әйберләрнең ике күздәге сурәте төрлечә булу пространствоны „тирән“ итеп күрсәтүче бердәнбер билге түгел. Картинадагы әйберләрнең бездән төрле ераклыкта булуы „һава перспективасы“ дигән нәрсәгә дә шактый нык бәйләнгән. Бу перспектива аркасында исә ерактагы әйберләр, безгә тоныграк булып, томан артында кебек булып күренәләр.

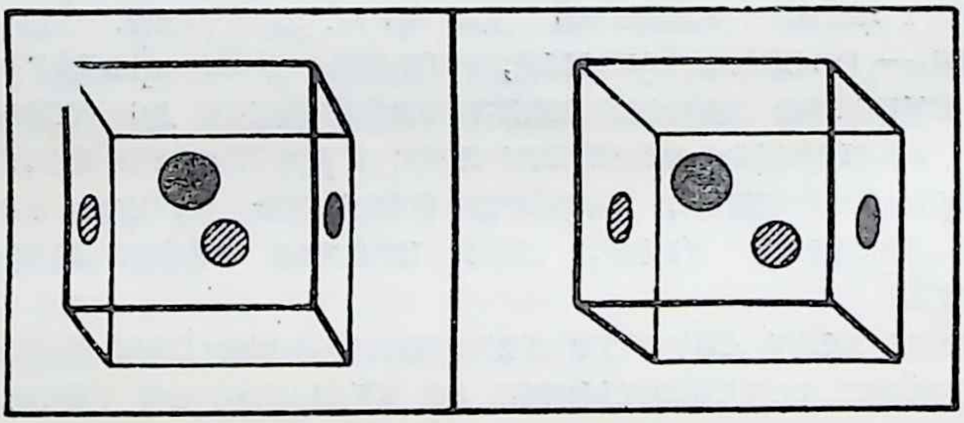
Ераграк әйберләрне тоныграк итеп һәм ачык буяулар белән ясасаң, төрлечә ераклыктагы әйберләрнең

зурлыгы да төрлечә булганлыктан, пространство „тирән“ булып күренә. Рәссам, төсләрне һәм күләгәләрне төрлечә биреп, һава перспективасы ясый ала. Оста фотограф әйберләрне дөрес яктыртып, „йомшак“ төшерә торган объектив һәм тиешле сорт кәгазь алып, шундый ук эффектка ирешә. Фотографиядә фокуска дөрес төбәү бик әһәмиятле: әгәр алгы план аермачык килеп чыкса, ә ераграк торган нәрсәләр „фокуста“ булмасалар,—пространствоны „тирән“ итеп күрсәтү өчен шул җитә; киресенчә, әгәр тар диафрагмадан файдалансак, һәр урын да аермачык күренә, сурәт тирәнлеген югалта һәм яссы булып тоела.

Күрү тәэсиренең физиологик шартларына да карамастан, һәм хәтта геометрик перспектива законнары бозылган булса да, яссы сурәтне рельефлы итеп күрсәтә белү художникның осталыгына бәйләнгән нәрсә ул.

## Нәрсә ул стереоскоп?

Рәсемнәрдән күләмле әйберләргә күчик тә каршыбызга шушындый сорау куйыйк: әйберләр безгә нилектән яссы булып түгел, бәлки күләмле булып күренәләр соң? Безнең күзебезнең челтәр сүрүендә яссы

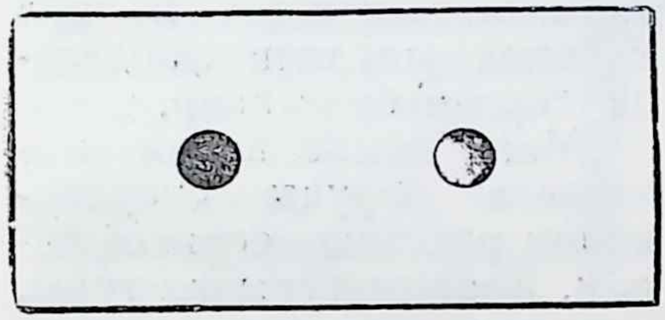


130 нчы рәсем. Сул күз һәм уң күз белән караганда таплы куб шулай күренә.

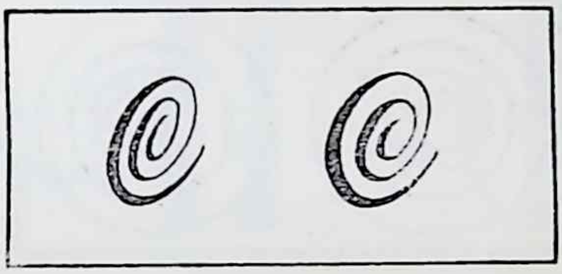
сурәт ясала бит. Әйберләрнең безгә яссы булып күренмичә, өч үлчәмле җисем рәвешендә тоелуы ни сәбәпле килеп чыга икән?

Бирелә берничә сәбәп бар. Бердән, әйберләрнең төрле өлеше төрлечә яктыртылу безгә аларның формасы турында хөкем йөртергә мөмкинлек бирә. Икенчедән, җисемле әйбернең төрле ераклыкта торучы өлешләрен

аермачык күрергә тырышканда безнең күз мускулларыбызда төрле көчәнеш туа: чөнки яссы рәсемнең бар җире дә күздән бердәй ераклыкта тора, ә җисми объектның өлешләре төрле ераклыкта булалар һәм аларны ачык күрү өчен күз төрлечә „җайланырга" тиеш. Бер үк нәрсәнең ике күздәге сурәте төрлечә булу исә безгә аеруча нык ярдәм итә. Якындагы әйбергә күзләрне алыш-тилеш йомгалап карасак, моңа ышану кыен түгел. Әйберне сул күз белән уң күз төрлечә итеп күрәләр, аларда төрле сурәт ясала — безнең аңыбыз шул аермадан чыгып эш итә һәм рельеф тәэсире кала (127 һәм 130 нчы рәсемнәр).



131 нче рәсем. Берничә секунд буена күзләрегезне таплар арасына текәп торсагыз, кара таплар бергә кушылып китәрләр.



132 нче рәсем. Бу сурәтләр белән дә шуны ук эшләгез. Алар кушылганнан соң, икенче күнегүгә күчегез.

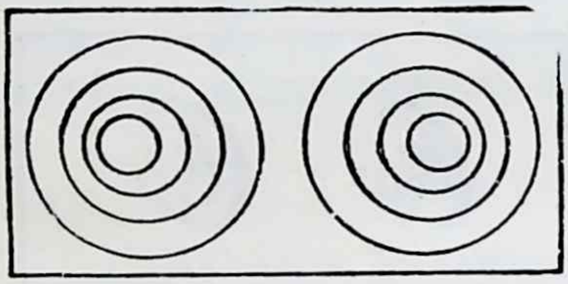
Хәзер инде бер үк әйбернең ике сурәтен күз алдына китерегез: аларның берсе сул күзгә, икенчесе уң күзгә күренгән сурәт булсын. Әгәр һәрбер күз „үз" сурәтен генә күрерлек итеп карасак, без бер генә әйбер күрербез һәм ул с ы ң а р күз белән караганда күренә торган җисми әйбердән дә рельефлырак тоелыр. Мондый парлы рәсемнәрне стереоскоп дигән махсус җайланма аша карыйлар. Элекке стереоскопларда сурәтләрне бергә кушу эшен көзгеләр башкара иде, хәзерге стереоскопларда моны кабарынкы пыяла призмалар эшли: алар нурларны сындыралар һәм бу нурларны уйда дәвам итеп сузганда сурәтләр берсе өстенә берсе туры киләләр (призмалар кабарынкы булу сәбәпле, алар зурая да төшәләр). Стереоскопның идеясе әнә шундый гади — ләкин бу гади ысул гаять зур тәэсир калдыра.

Бу китапны укучыларның күбесе төрле сәхнә күренешләренең һәм ландшафтларның стереоскопик фоторәсемнәрен күргәндер, әлбәттә. Стереометрияне һәм

математик географияне өйрәнү эшен җиңеләйтү өчен эшләнгән сызымнарны күрүчеләр дә бардыр. Без алга таба стереоскопның азмы-күпме таныш яклары турында сөйләмәбез, бәлки аны күп кенә укучыларга таныш булмаган өлкәләрдә куллануга тукталырбыз.

## Безнең үзебездәге табигый стереоскоп

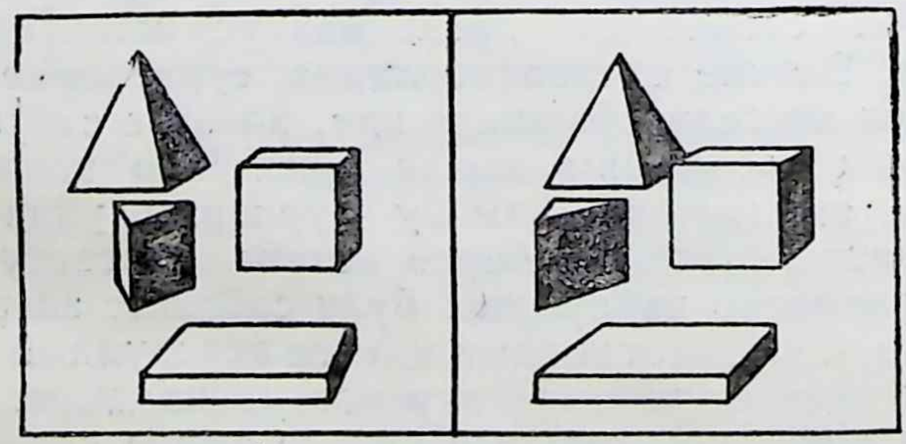
Стереоскопик сурәтләрне бернинди җайланмасыз да карарга мөмкин. Моның өчен күзләрне тиешенчә юнәлтергә, җайларга гына өйрәнү кирәк. Нәтиҗә стереоскоптагы шикелле үк була, тик бу вакытта сурәт зурайммый — аерма әнә шунда гына. Стереоскоп уйлап табылганга кадәр менә шул табигый ысулдан файдалана торган булганнар.



133 нче рәсем. Бу сурәтләр бергә кушылгач, сез ерак-еракка сузылып киткән көпшәнең эчен күргәндәй булырсыз.

Мин биредә һаман катлаулана баручы стереоскопик рәсемнәр сериясе бирәм. Аларны турыдан-туры, стереоскопсыз гына карарга киңәш итәм.

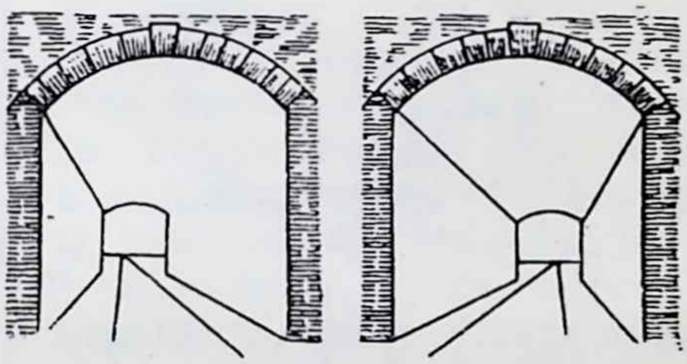
Шунсын да әйтергә кирәк: стереоскопик итеп күрү шактый кыен нәрсә; мәсәлән, кылый күзле кешеләр һәм сыңар күз белән генә карап эшләргә күнеккән кешеләр хәтта стереоскоп аша карап та моңа ирешә алмыйлар. Икенче берәүләр бик күп тырышканнан соң гына өйрәнәләр, яшьрәк кешеләр исә моны чирек сәгать арасында үзләштереп алалар.



134 нче рәсем. Сурәтләр кушылып киткәч, бу дүрт геометрик җисем һавада очып йөргәндәй тоелыр.

131 нче рәсемдәге кара нокталардан башлап җибәрегез. Аларны каршыгызда тотып, берничә секунд буенча таплар арасына текәлеп карап торыгыз; моның өчен рәсем артындагы әйбергә карарга тырышкан кебек эш итегез. Тиздән сез ике тап түгел, дүртне күрерсез — таплар икеләнеп китәрләр. Ләкин шуннан соң кырыйдагы нокталар читкә үк китеп барырлар, ә эчтәгеләре якынаерлар һәм кушылып китәрләр. Шул ук тәҗрибәне 132 һәм 133 нче рәсемнәр белән дә кабатлап карагыз һәм сез соңгы рәсемдә ерак-еракка сузылып киткән көпшәнен эчен күргәндәй булырсыз.

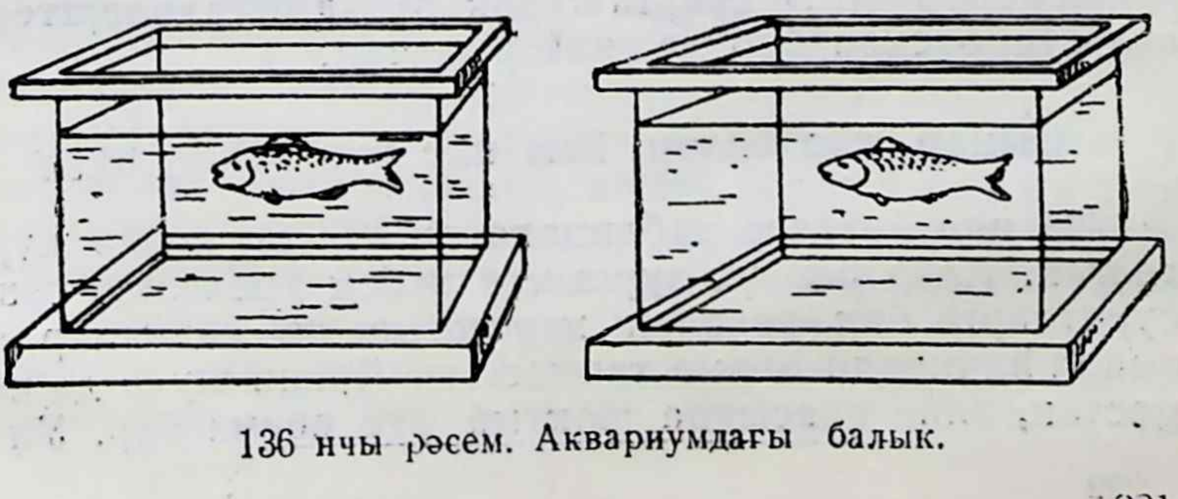
Моңа ирешкәч, 134 нче рәсемгә күчә аласыз,— анысында һавада эленеп торучы геометрик җисемнәр күрерсез. 135 нче рәсемдә сезгә таш бинаның озын коридоры яки туннель күренер. Ә 136 нчы рәсемгә карасагыз, аквариумның пыяласы үтәли күренеп торгандай тоелыр.



135 нче рәсем. Ерак-еракка сузылып киткән озын коридор.

Ниһаять, 137 нче рәсемдә инде сезнең каршыгызда бөтен бер картина — диңгез пейзажы булыр.

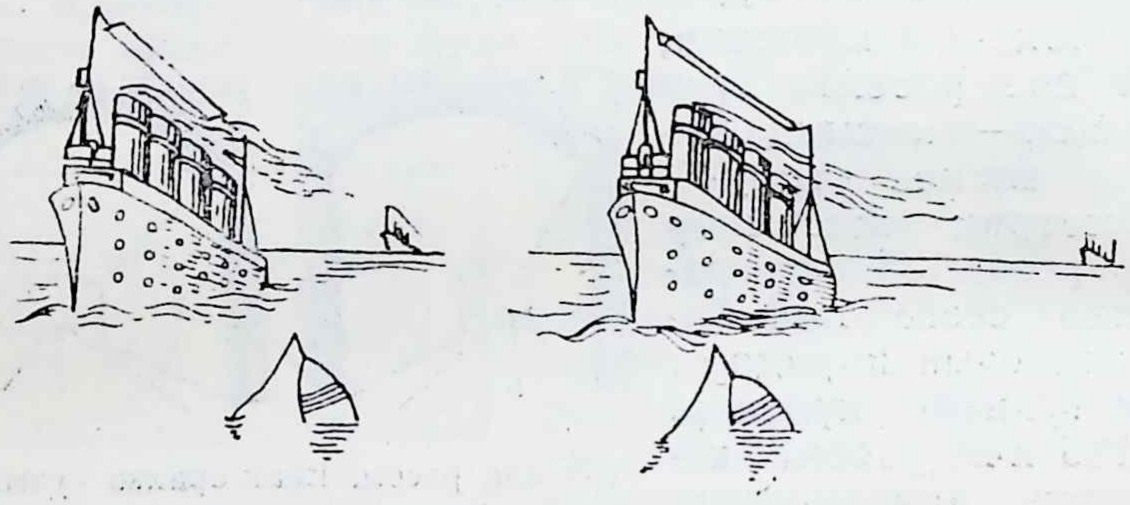
Мондый ысул белән куш сурәтләрне турыдан-туры карарга өйрәнү әллә ни кыен түгел. Минем таныш-белешләремнең күбесе берничә кат сынап карагач та моңа өйрәнеп киттеләр. Якыннан яки ерактан күрә торган кешеләргә күзлекләрен салмаска да мөмкин, алар бу сурәтләргә теләсә нинди картинага караган



136 нчы рәсем. Аквариумдагы балык.

кебек карый алалар. Тиешле араны сизеп алу өчен рәсемнәрне бер якынайтып, бер ерагайтып карагыз. Тәҗрибәләрне яктыда эшләргә кирәк — бу өйрәнү өчен бик нык ярдәм итә.

Биредә китерелгән рәсемнәрне стереоскопсыз гына карарга өйрәнгәч, стереоскопик фоторәсемнәрне махсус җайланмасыз карау өчен дә шул тәҗрибәгездән файдалана аласыз. 224, 228, 230 һәм 233 нче битләрдә басылган фоторәсемнәрне гади күз белән карарга тырышыгыз.



137 нче рәсем. Дингез ландшафты.

Ләкин мондый тәҗрибәләр белән артык мавыгып китәргә ярамый, югыйсә күзләрегезне талдыруыгыз мөмкин.

Әгәр күзләрегезне идарә итәргә өйрәнә алмасагыз, якыннан күрмәүче кешеләр кия торган күзлек пыяласын стереоскоп урынына файдаланып була; аларны катыргыдагы тишекләргә эчке кырыйларыннан карарлык итеп ябыштырып куегыз; ә рәсемнәр арасына нинди дә булса берәр бүлге куярга кирәк. Мондый гадиләштерелгән стереоскоп бер дә начар түгел.

## Сыңар күз белән һәм ике күз белән күрү

224 нче биттәге таблицада өч пыяла шешә күрсәтелгән. Алар бер үк зурлыкта кебек тоелалар, сез бу сурәтләргә бик текәлеп карасагыз да савытлар арасында һичнинди аерма тапмассыз. Ләкин шуңа да карамастан, алар арасында шактый зур аерма бар. Ул са-

вытлар күздән яки фотоаппараттан төрле ераклыкта торганга күрә генә бертигез булып күренәләр (зур банка кечерәкләренә караганда ераграк куелган). Ләкин өч банканың кайсы якынрак, кайсы ераграк икән соң? Сурәтләргә болай гына карап моны әйтеп булмый.

Әгәр стереоскопны яки югарыда сөйләнгәнчә стереоскопик итеп аппаратсыз гына карау ысулын ярдәмгә чакырсак, җавап бик җиңел табыла. Ул чакта сез өч савытның уң кырыйдагысы уртадагысына караганда шактый ераграк булганны, ә анысы сул кырыйдагы савыттан ераграк торганны аермачык күрерсез. Таблицаның уң ягында савытларның чынлыкта нинди булуы күрсәтелгән.

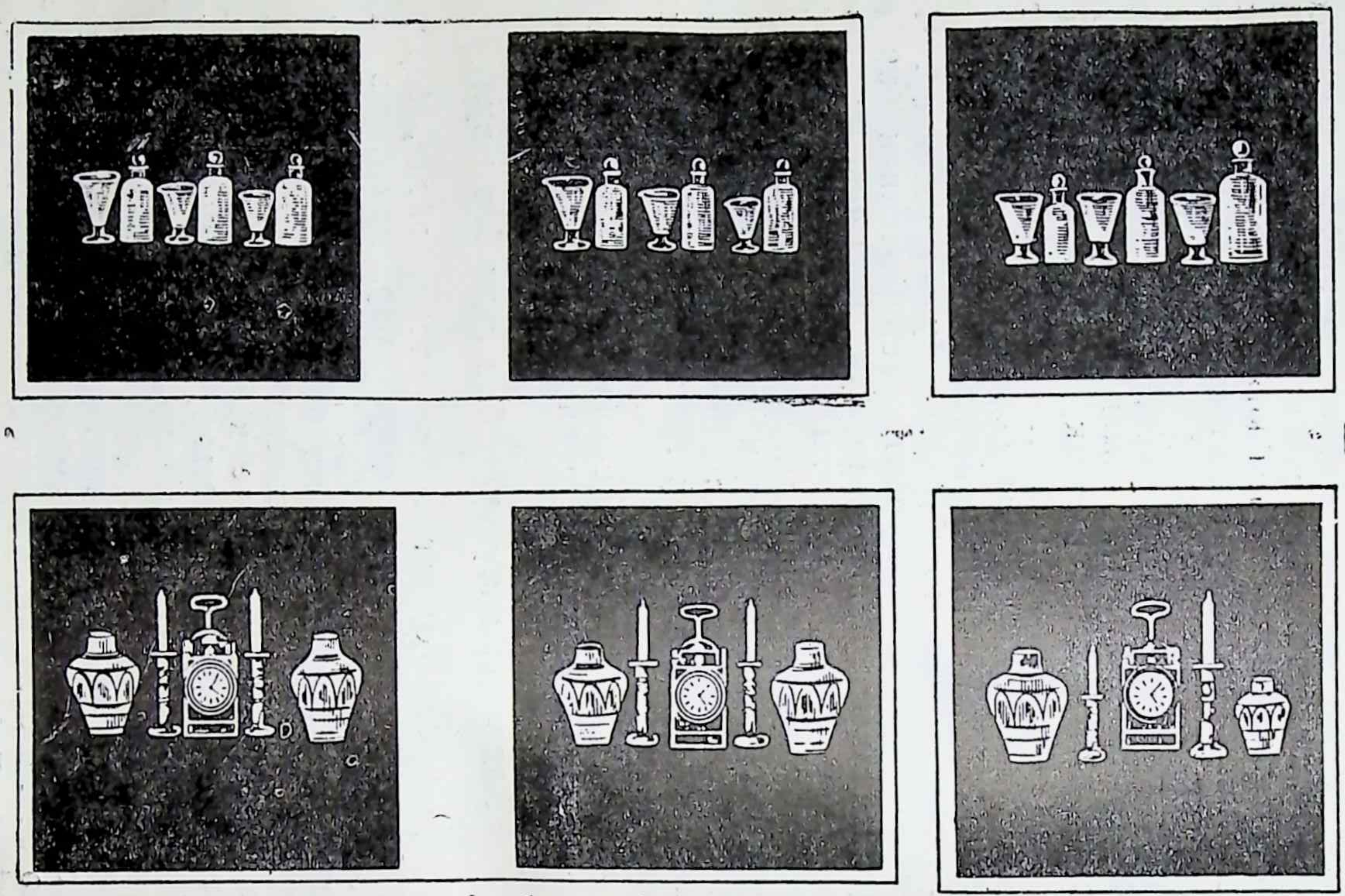
I таблицада аста тагы да гаҗәбрәк нәрсә күренер. Сез биредә вазалар, шәмнәр һәм сәгать күрәсез. Вазалар да, шәмнәр дә нәкъ бертигез булып тоелалар. Чынлыкта исә аларның зурлыгы бер-берсеннән бик нык аерылып тора; сул яктагы ваза уңдагысыннан ике тапкыр диярлек биегрәк, ә сулдагы шәм уң яктагысына һәм сәгатькә караганда шактый тәбәнәгрәк. Бу фоторәсемнәрне стереоскопик итеп караганда әлеге үзгәрешнең сәбәбе шунда ук беленә: әйберләр бер рәткә тезелмәгәннәр, бәлки эреләре ераграк, ваклары якынрак итеп куелганнар.

Ике күз белән стереоскопик итеп карауның бер күз белән караудан өстенлеге биредә аермачык күренә.

### Алдауны сизү өчен бик гади бер ысул

Бер-берсенә охшаган ике рәсем, әйтик, бертигез зурлыктагы ике кара квадрат бар, дип фараз итик. Стереоскоптан карасак, без бер квадрат күрербез, ул әлеге квадратлардан берни белән дә аерылып тормас. Әгәр һәр квадратның үзәгендә ак нокта булса, ул да стереоскоп аша күренүче квадратта булыр, әлбәттә. Ләкин әгәр бер квадраттагы бу ноктаны чак кына читкә авыштырсак, һич тә көтмәгән нәрсә килеп чыгар: стереоскопта һаман шул ук нокта күренер, ләкин ул квадрат өстендә булмыйча, аннан бераз алдарак яки арттарак булыр! Рәсемнәр арасында бик кечкенә генә аерма булу да, стереоскоп аша караганда „тирәнлек“ тәэсире килеп чыгуга җитә кала.

Кәгазь акчаларны һәм документларны тикшерү өчен — гади генә бер ысул бу. Шикле банкнотны чын



I таблица. (Аңлату 223 нче биттә)

банкнот белән беррәттән куйсаң, ялган акча яки документ ничек кенә оста ясалган булса да сизелә: бер хәреф яки сызык арасында аз гына аерма булу да күзгә ташлана, чөнки бу хәреф яки сызык калган фоннан алдарак яки арттарак булып тоела[1].

## Великаннарның күзләре ничек күрә

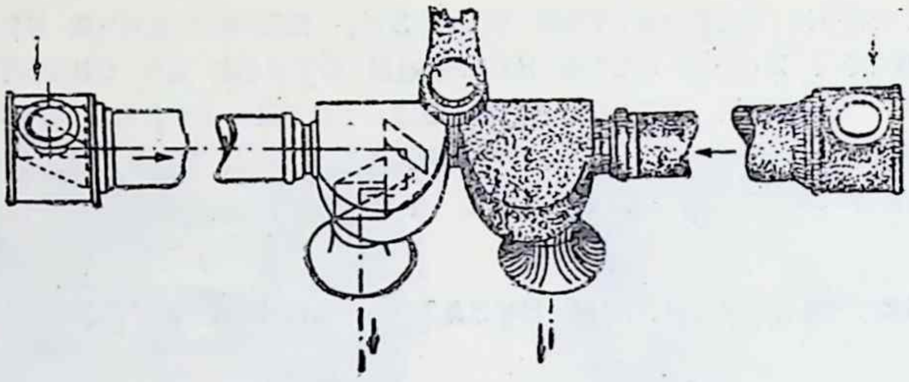
Әйбер бездән бик еракта — 450 метрдан да арырак булса, безнең һәр ике күзебез дә аны бердәй итеп күрә башлыйлар. Ерактагы биналар, таулар һәм ландшафтлар безгә менә шул сәбәпле яссы булып тоелалар. Нәкъ менә шуңа күрә күк яктырткычлары да бер үк ераклыкта торган кебек күренәләр; чынлыкта исә Ай планеталарга караганда якынрак, ә алары хәрәкәтсез йолдызлардан күп тапкыр якынрак торалар.

Гомумән, 450 метрдан арырак әйберләрнең рельефлыгын без турыдан-туры аера алмыйбыз; алар уң күзгә дә, сул күзгә дә бердәй булып күренәләр, чөнки бер күздән икенчесенә кадәр булган 6 сантиметрлы ара, 450 метр белән чагыштырганда, юк дәрәҗәсендә кечкенә. Мондый шартларда төшереп алынган стереоскопик фоторәсемнәрнең дә нәкъ бердәй булуы һәм рельеф иллюзиясе тудыра алмавы аңлашылса кирәк.

Ләкин биредә бик уңайлы бер ысул бар: ерак әйберләрне фотога төшергәндә бер-берсеннән күзләр арасындагы нормаль ераклыкка караганда ераграк урнашкан ике нокта сайлап алырга кирәк. Мондый фоторәсемнәргә стереоскоп аша карасак, без ландшафтны күзләребез арасындагы ераклык шактый зурайганда гына булачак рәвештә итеп күрер идек. Табигать күренешләренең стереоскопик фоторәсемнәрен төшерүдәге хикмәт әнә шунда. Гадәттә аларны зурайтучы (кабарынкы кырлы) призмалар аша карыйлар, шуңа күрә кайчакта алар табигый зурлыкта күренәләр һәм эффект искиткеч көчле була.

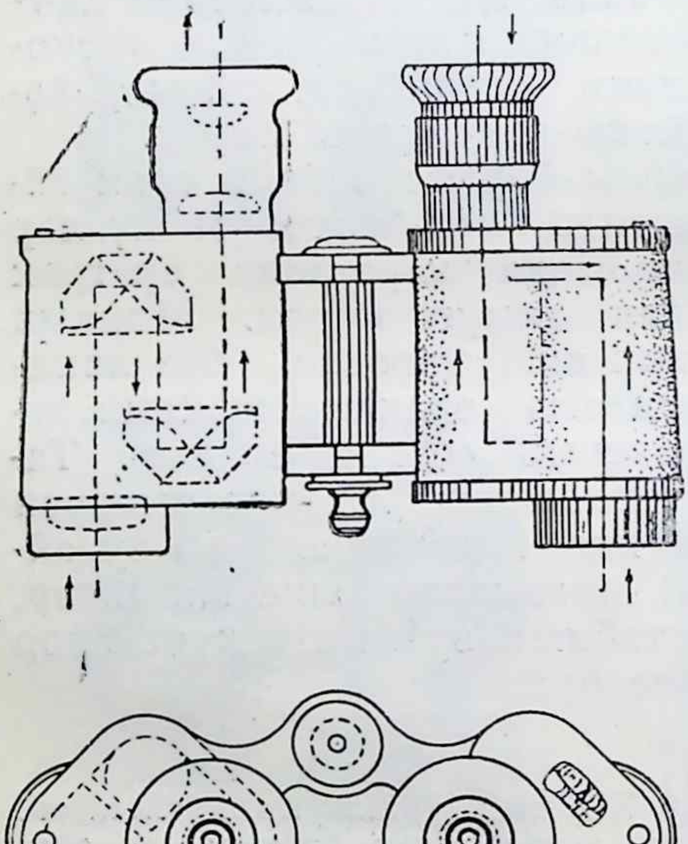
---

[1] Бу фикер беренче тапкыр XIX йөз урталарында әйтелгән. Ләкин аннан хәзерге заман кәгазь акчаларының һәртөрлесен тикшерү өчен файдаланып булмый. Акчалар икесе дә чын булса да стереоскоптан караганда яссы сурәт килеп чыкмый. Аның каравы бу ысулны бер басылган китапны яңадан хәреф җыеп басылган китаптан аеру өчен кулланып була.



138 нче рәсем. Стереоскопик карау көпшәсе.

Ландшафтны фоторәсемдә түгел, бәлки табигатьтәгечә итеп күрсәтә торган җайланма ясарга мөмкин—ике карау көпшәсеннән торган мондый җайланма турында укучы үзе уйлап куйгандыр, бәлки. Стереокөпшәләр дип атала торган мондый җайланмалар чынлап та бар: аларда ике көпшә күзләр арасындагы нормаль ераклыкка караганда ераграк итеп куелганнар һәм сурәтләр күзләргә кайтаручы призмалар ярдәмендә килеп керәләр (138 нче рәсем). Мондый кораллар аша караганда туган тойгыларны сөйләп аңлатуы да кыен, чөнки алар шулкадәр гаҗәп! Бөтен табигать үзгәреп китә. Ерактагы таулар рельефлы булып, агачлар, кыялар, биналар, диңгездәге кораблар—барысы да кабарынкы булып күренә, һәм алар яссы экрандагы кебек түгел, бәлки төрлесе төрле ераклыкта күренәләр. Сез ерак-ерактагы корабның йөзеп барганын күрәсез, гади көпшә аша караганда ул тик торгандай тоела. Әкиятләрдә сөйләнә тор-



139 нчы рәсем. Призмалы бинокль.

ган великаннар безнең җир ландшафтын әнә шундый итеп күрерләр иде.

Әгәр көпшәләр 10 тапкыр зурайта торган булып, объективлар арасы күз бәбәкләре арасындагы нормаль ераклыктан 6 мәртәбә зуррак булса (ягъни, $6{,}5 \times 6 = 39$ *см* булса), сурәт гади күз белән күренгәндәгегә караганда $6 \times 10 = 60$ мәртәбә рельефлырак була, шул сәбәпле 25 километр ераклыктагы әйберләрнең дә кабарынкылыгы сизелеп тора.

Җир үлчәүчеләр, диңгезчеләр, тупчылар һәм сәяхәтчеләр өчен мондый карау көпшәләре алыштыргысыз бер җайланма булып исәпләнәләр. Кайчакта бу көпшәләрдә ераклыкны үлчәргә мөмкинлек бирә торган шкала да була. (Стереоскопик ераклык үлчәгечләр[1].)

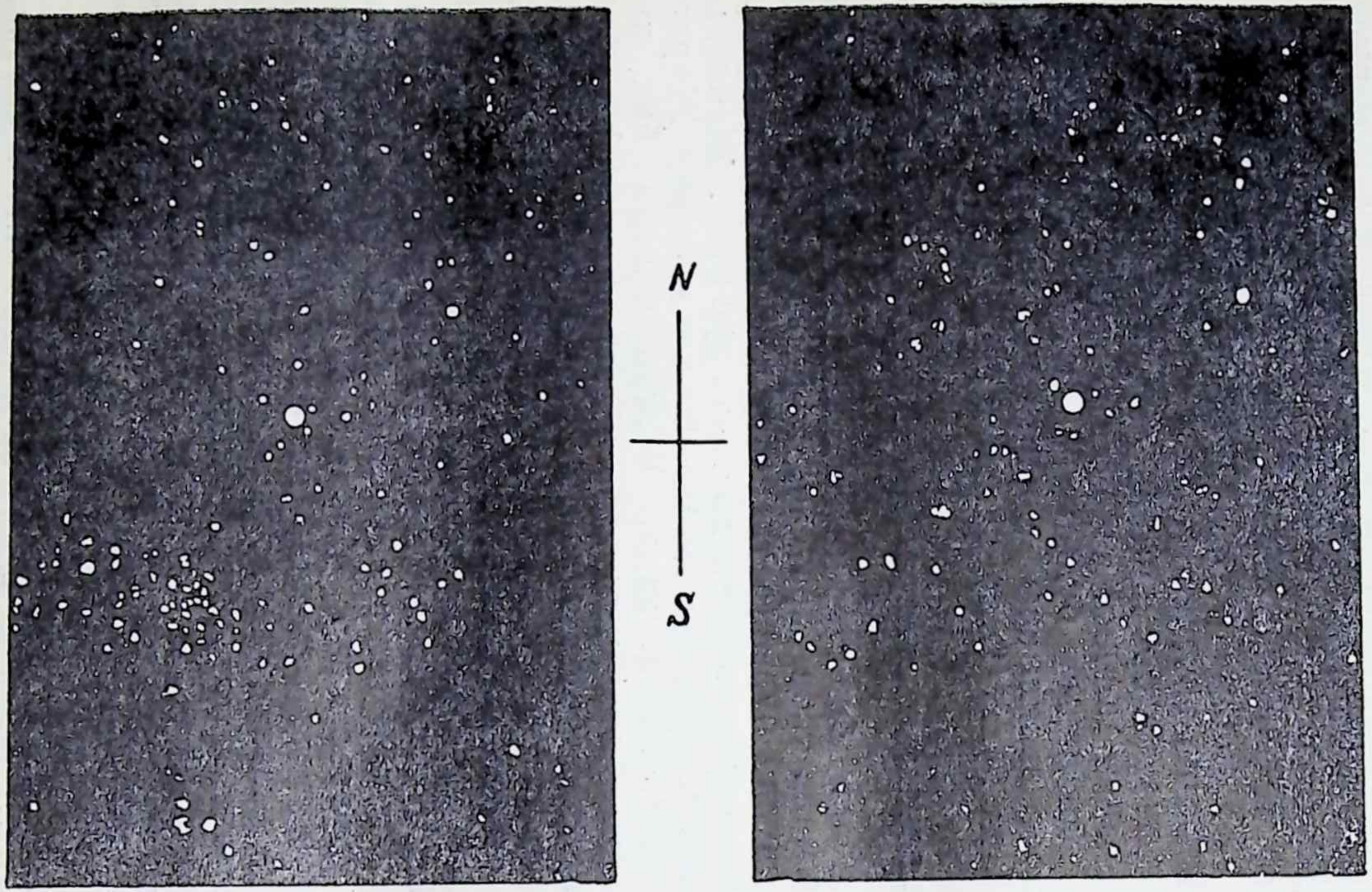
## Стереоскоп аша караганда Галәм ничек күренә

Ләкин әгәр без стереокөпшәне Айга яки башка бер күк җисеменә таба каратсак, һичнинди рельеф сизмәбез. Бу шулай булырга тиеш тә, чөнки күк җисемнәре арасы стереокөпшә өчен дә гаять зур була. Җайланма объективлары арасындагы 30—50 *см* ераклык Җирдән алып планеталарга кадәр булган арадан бик күп кечкенә бит. Хәтта көпшәләр арасы уннарча һәм йөзләрчә километрлы җайланма ясап булса да, бездән миллионлаган километр ераклыкта торган планеталарны караганда һичбер эффект булмас иде.

Биредә тагы стереоскопик фотография ярдәмгә килә. Әйтик, без нинди дә булса бер планетаны кичә бер мәртәбә, ә бүген икенче мәртәбә фотога төшердек, ди; бу фоторәсемнәр Җирнең бер үк ноктасыннан төшереп алынган булсалар да, алар Кояш системасының төрле урыннарыннан төшерелгән булыр, чөнки тәүлек арасында Җир орбита буйлап миллион километрларга күчеп өлгерә. Сурәтләр, әлбәттә, бердәй булмас. Һәм әгәр сез шул фоторәсемнәрне стереоскопка куйсагыз, яссы сурәт урынына рельефлы сурәт килеп чыгар.

---

[1] Призмалы бинокль дә шундый ук эффект тудыра, чөнки аның объективлары арасы безнең күзләребез арасындагы нормаль ераклыкка караганда зуррак (139 нчы рәсем). Театр бинокльләрендә исә киресенчә — объективлар арасы кечерәк. Бу рельефлыкны киметү өчен шулай эшләнә (сәхнә артын яссы итеп күрсәтмәс өчен).




II таблица. Сатурнның стереоскопик фоторәсеме. Планета йолдызлар фоны алдында әлеп куелгандай тоела. Дискның бер кырыендагы кечкенә генә чыгынты — Сатурн иярченнәренең берсе; аны Сатурн дискы бераз каплап тора.

Шулай булгач, без Җирнең орбита буйлап хәрәкәт итүеннән файдаланып, күк җисемнәренең бик ерак нокталардан торып төшерелгән фоторәсемнәрен булдыра алабыз; бу фоторәсемнәр стереоскопик рәвештә чыга. Күзләре арасы миллионнарча километр булган алып батырны күз алдына китереп карасагыз, күк стереофотографиясе кулланганда астрономнарның нинди зур нәтиҗәләргә ирешәчәгенә төшенерсез.

Чын-чынлап гаҗәеп булган мондый фоторәсемнәр бу китапта аерым таблицалар (228 нче һәм 230 нчы битләр) рәвешендә бирелгән. Аларны кисеп алып стереоскопка куеп карарга мөмкин. Шул чакта күк җисемнәре күз алдына бөтенләй яңача килеп басар. Мондый рельефны бер генә телескоп аша да күреп һәм күк җисемнәренең пространствода урнашканын турыдан-туры тоеп булмый.

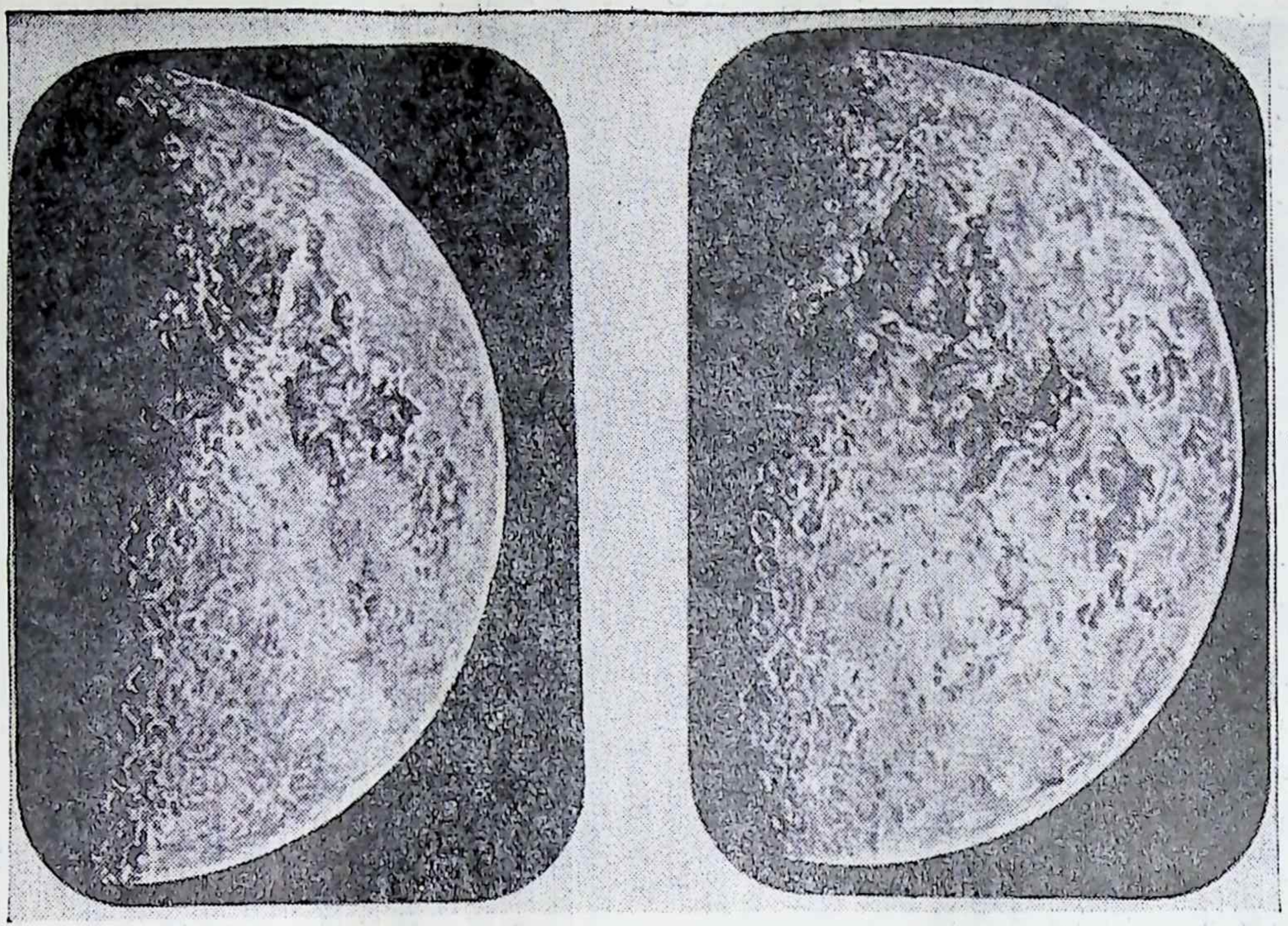
Фоторәсемнәрне беркадәр аңлатып үтик. II таблица Сатурн планетасын күк йөзе фонында күрсәтә. Планета Еланлы йолдызлыгында чакта 1899 елның 9 һәм 10 нчы июнендә төшереп алынган; бу вакытта фоторәсемнәр төшереп алынган ноктала арасы $1^1/_2$ миллион километрдан да артыграк булган. Күк стереоскобы безнең күз күремебезне әнә шулай киңәйтә! Һәм без планетаның йолдызлар төшкән арткы картинадан аерылып китеп, күк йөзендә эленеп торуын күрәбез.

III таблицада китерелгән стереорәсем башкачарак төшерелгән. Ай Җир тирәли үзенең һаман бер генә ягын күрсәтеп әйләнә. Җирнең орбита буйлап күчүе Айның күренешен бер дә үзгәртми, чөнки Ай безнең белән ияреп бара. Ләкин астрономнар Айның „либрацияләреннән“, ягъни җиңелчә генә чайкалуыннан бик оста файдаландылар. Либрация булу аркасында Айны галәмнең бер-берсеннән бик ерак нокталарында торгандагы кебек төшереп алырга мөмкин булды[1].

Таблицада күрсәтелгән ике фоторәсем карау нокталары бер-берсеннән 100 000 *км* ераклыкта торган очракка туры килә. Стереоскоп белән караган чакта без аларны күзләре арасы 100 000 *км* булган гаять зур кеше күргән кебек итеп күрәбез! Сурәтнең йомрылыгы сизелеп тора, гигант скульпторның сихри кискече

---

[1] „Кызыклы астрономия“ китабында бу турыда тулырак сөйләнә.



III таблица. Айның стереоскопик фоторәсемнәре.

яссы һәм үле таш кыяларга җан өргән кебек тоела. Рельеф шулкадәр ачык ки, хәтта бу фоторәсемнәр ярдәмендә Айдагы тауларның биеклеген үлчәргә дә мөмкин булды.

Хәзерге вакытта яңа планеталарны (астероидларны) ачу өчен дә стереоскоптан файдаланалар. Астероидлар Марс белән Юпитер орбиталары арасында бик күп. Әле күптән түгел аларны бәхетле очрак килеп чыкканда гына эзләп табалар иде. Хәзер исә күк йөзенең бер бүлемтеген төрле вакытларда төшереп алып, шул фоторәсемнәрне стереоскопта чагыштыру да җитә; әгәр бу рәсемдә астероид булса, ул гомуми фоннан калкып торыр һәм стереоскоп аны шунда ук аерып алыр.

Стереоскоп нокталарның урынында аерма булуны гына түгел, аларның яктылыгы арасындагы аерманы да сизә. Бу хәл астрономнар өчен үзгәрешле йолдызларны, ягъни яктырышын әледән-әле үзгәртеп тора торган йолдызларны эзләгәндә бик уңайлы ысул. Әгәр күк йөзен сурәтләгән ике фоторәсемдә нинди дә булса бер йолдызның яктылыгы төрлечә килеп чыкса, стереоскоп астроном кешегә бу йолдызны шунда ук күрсәтеп бирә.

Ниһаять кайбер томанлыкларның (Андромеда, Орион томанлыкларының) стереофоторәсемен төшерергә дә мөмкин булды; мондый фоторәсемнәр төшерү өчен Кояш системасы артык кечкенә һәм шуңа күрә астрономнар безнең системаның йолдызлар арасында хәрәкәт итүеннән файдаландылар: дөнья киңлегендә шулай хәрәкәт итү аркасында без йолдызлар галәменә һаман яңа нокталардан торып карыйбыз һәм кирәк кадәр вакыт узганнан соң бу аерманы фотография аппараты да сизә башларга мөмкин. Шул чакта инде без, кирәк кадәр озак вакыт үткәч, төшерелгән фоторәсемнәрне стереоскопка куеп карый алабыз.

## Өч күз белән күрү

„Капитан кызы“ исемле озын хикәядә Иван Игнатьевич дигән кеше бик дулкынланган чагында болай дип ычкындырып җибәргән: „Ул сезнең чыраегызга китереп кундыра, ә сез аның башта бер колагына, икенчесенә, өченчесенә бирәсез дә аерылышасыз“.

Сез биредә дә шундыйрак бер ялгышлык киткән ахры, дип уйлый күрмәгез. Без чынлап та өч күз белән күрү турында сөйләргә телибез.

Өч күз белән күрү? Үзеңә өченче күз дә булдыру мөмкинме соң?

Без менә нәкъ шул өченче күз булганда кешенең нillәр күрәчәге турында сүз алып барырбыз. Фән кешегә өченче күз ясап бирә алмый, ләкин әйберне хыялый өч күзле җан иясе күргәндәй итеп күрсәтә ала.

Бер күзен югалткан кешенең дә стереоскопик фоторәсемнәргә карап рельеф тәэсирен сизә алуыннан башлап җибәрик. Моның өчен болай эшләргә кирәк. Уң һәм сул күз өчен төшерелгән рәсемнәрне бер-берсе белән бик тиз алыштыра барып экранга проекциялиләр: ике күзле кеше бер үк вакытта күргән нәрсәләрне сыңар күзле кеше бер-бер артлы бик тиз алышынган чакта күрә. Ләкин нәтиҗә бер үк була, чөнки бик тиз алмашынып торучы тәэсирләр дә, бер үк вакытта күренгән сурәтләр кебек үк, бергә кушылып китәләр[1].

Димәк, ике күзле кеше бер үк вакытта өч нәрсәне: сыңар күзе белән — тиз-тиз алмашынып торучы ике сурәтне һәм өченче ноктадан төшерелгән тагы бер фоторәсемне күрә ала.

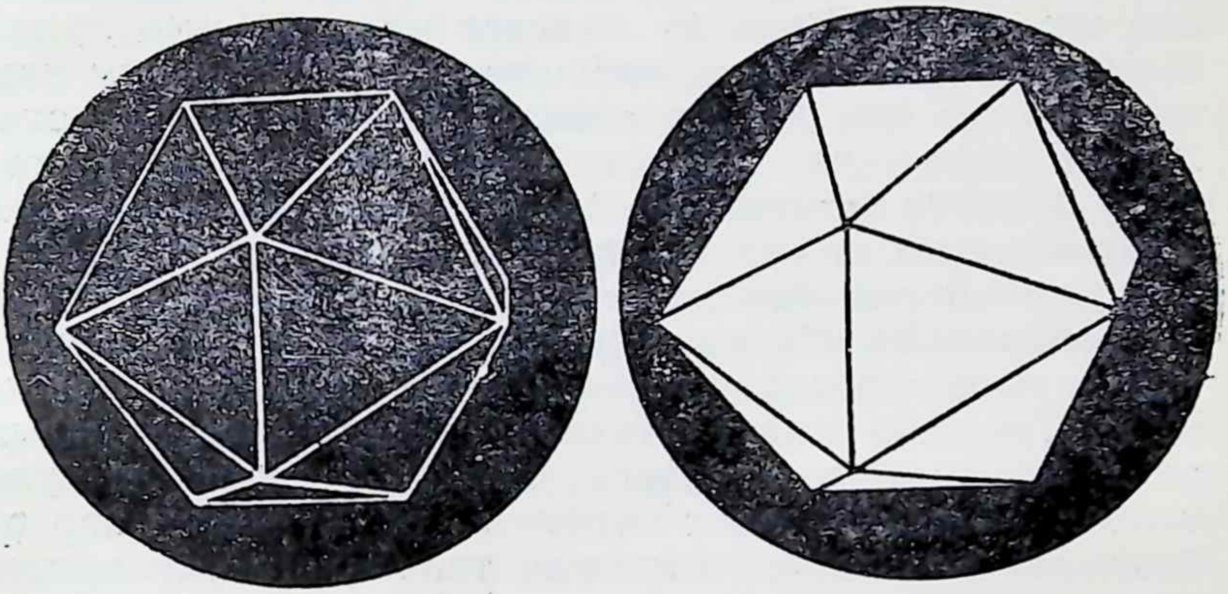
Икенче төрле итеп әйткәндә, бер әйбернең өч сурәте ясала; бу сурәтләр өч төрле ноктадан төшереп алынган була һәм алар, әйтерсең лә, өч күзгә туры киләләр. Аннары ул сурәтләрнең икесен тиз-тиз алмаштырып, тамашачының бер күзенә тәэсир итәләр: бик тиз алмашынып торган чакта алар рельефлы бер катлаулы сурәт булып кушылалар. Бу сурәткә икенче күз күргән өченче фоторәсем өстәлә.

Бу вакытта без ике генә күз белән карасак та, өч күз белән күргән кебек тәэсирләнәбез. Шул чакта рельефлылык гаять көчле була.

[1] Кинематография картиналарының кайчакта искиткеч рельефлы булып тоелуын, югарыда күрсәтелгән сәбәпләрдән башка, бәлки азмы-күпме дәрәҗәдә шушы эффект белән дә аңлатып буладыр: кинога төшерә торган аппарат салмак кына дерелдәп торган булса (лентаны тартып йөртүче механизм эшләгәндә бу еш кына шулай була да), рәсемнәр бер-беренә тәңгәл килмиләр, бу сурәтләр экранда тиз-тиз алмашынып торганда исә алар безнең аңыбызда рельефлы бер сурәт булып кушылалар.

## Ялтырау нәрсә ул?

IV таблицабызда китерелгән стереофоторәсемнәр күпкырлыкларны сурәтлиләр: аларның берсе кара кәгазьгә ак белән, икенчесе ак кәгазьгә кара белән төшерелгән. Бу рәсемнәргә стереоскоп аша карасагыз нәрсә күрер идегез? Алдан әйтү кыен.



IV таблица. Стереоскопик ялтырау.— Стереоскоп аша караганда бу сурәтләр кушылып китәләр һәм кара фонда күренгән ялтыравыклы кристалл кебек тоелалар.

Гельмгольцны тыңлап карыйк:

„Стереоскопик рәсемнәрнең берсендә нинди дә булса яссылык ак итеп, ә икенчесендә кара итеп күрсәтелсә, кушма сурәттә ул ялтыравыклы булып күренер; хәтта рәсем төшерү кәгазе тонык булса да бу шулай булыр. Кристалл модельләренең шулай стереоскопик итеп ясалган сызымнарына карасаң, кристалл модельләре ялтыравыклы графиттан ясалгандай тоелалар. Стереоскопик фоторәсемнәрдә мондый ысул кулланганда су, яфраклар һ. б. тагы да ныграк ялтырап күренәләр...“

Безнең бөек физиологыбыз Сеченовның „Сизү органнары физиологиясе. Күрү“ дигән күптәнге, ләкин искермәгән китабында (1867) бу күренеш бик яхшы аңлатылган. Менә ул:

„Төрлечә яктыртылган яки төрле төскә буялган әйберләрне ясалма рәвештә стереоскопик итеп кушкан чакта чынлап та ялтыравыклы әйберләрне күргән ке-

бек буласың. Чыннан да, тонык өслек ялтыравыклы өслектән ни белән аерыла соң? Беренче өслек яктылыкны төрле якларга чәчеп җибәрә, шуңа күрә аңа кайсы яктан карасаң да ул бертигез яктыртылган кебек тоела; яктыртылган өслек исә яктылыкны бер генә юнәлештә чагылдырып җибәрә; шул сәбәпле, мондый өслекне караган кешенең бер күзенә кайтарылган нурлар бик күп килеп керергә, икенчесенә исә юк дәрәҗәсендә аз килергә мөмкин (ак өслекнең кара өслек белән стереоскопик кушылу очрагы нәкъ менә шушы шартка туры килә); ә ялтыравыклы өслекләрдән кире кайтарылган яктылыкның күзләргә төрлечә бүленүе (ягъни бер күзгә икенчесенә караганда күбрәк яктылык килү), әлбәттә, һәрвакыт була.

„Сурәтләрне бер җисем итеп кушуда тәҗрибәнең иң төп рольне уйнавы турындагы фикерне стереоскопик ялтырау раслап тора. Укучы моны аңлагандыр инде. Тәҗрибә аша тәрбияләнгән күрү аппаратына күренү кырлары арасындагы аерманы нинди дә булса таныш очракка, элек чынлап та күренгән нәрсәгә бәйләргә мөмкинлек бирелгәч тә, күренү кырларының көрәше шунда ук ныклы сурәт белән алмашына“.

Шулай итеп, әйберне ялтыравыклы итеп күрүебезнең сәбәбе (ким дигәндә сәбәпләренең берсе) уң һәм сул күзләрдә ясалган сурәтләрнең ачыклыгы төрлечә булуда икән. Стереоскоп булмаса, бу сәбәп безгә, бәлки, беленми дә калган булыр иде.

## Тиз-тиз хәрәкәт иткәндә күрү

Бер үк әйбернең төрле сурәтләре күзебездә тиз-тиз алмашынып торганда рельеф тәэсире туа дип әйтеп киткән идек инде.

Шушындый сорау туа: хәрәкәт итүче сурәтләрне тик торучы күз күргәндә генә шулай буламы, әллә шуңа тиңдәшле очракта да — тик торучы сурәтләрне бик тиз хәрәкәт итүче күз күргәндә дә шундый ук тәэсир каламы? Нәкъ без көткәнчә икән: бу вакытта да стереоскопик эффект килеп чыга. Тиз бара торган поездан төшерелгән кинокартиналарның стереоскоптагыдан калышмаслык дәрәҗәдә рельефлы булганын күргәнегез бардыр. Вагонда яки автомобильдә барган чакта күренгән сурәтләргә игътибар беләнрәк кара-

сак, без моны турыдан-туры күрә алабыз: шул рәвешчә караганда ландшафтлар стереоскопик булып күренәләр, ягъни алгы план арткы планнан бик нык аерылып тора. „Тирәнлекне“ тою сәләте шактый арта һәм тик торучы күз өчен чик булган 450 *м* га караганда шактый зуррак була.

Бик тиз бара торган вагон тәрәзәсеннән караганда ландшафтның матур һәм ягымлы булып тоелуы шуңардан түгелме икән? Тирә-юнь ерак-еракларга җәелеп китә һәм без табигатьнең гаять киң булуын тоябыз. Автомобильгә утырып урман аша бик тиз барган чакта һәр агач, һәрбер ботак һәм яфрак бер-берсеннән аерылып күренә: хәрәкәт итми торган күзәтүчегә исә алар бер тоташ булып тоелалар. Таулы илләрдә автомобиль белән барганда җирнең рельефлы булуы күзгә бәреп тора, таулар һәм болыннар бер-берсеннән аерылып күренәләр. Бер күзе сукыр кешеләргә дә бу шулай тоела; ә алар өчен мондый тойгылар өр-яңа була. Рельефлы итеп күрү өчен төрле сурәтләрне ике күз белән бер үк вакытта күрергә кирәк дигән, гадәткә кереп киткән фикернең ялгышлыгын без әйтеп узган идек инде: төрле сурәтләр җитәрлек кадәр тиз алмашынып торганда сыңар күз дә аларны стереоскопик итеп күрә[1].

Югарыда әйтелгәннәрне тикшерүдән дә җиңел эш юк: поезд вагонында яки автобуста барган чакта күренгән нәрсәләргә игътибарлырак кына булырга кирәк. Шунда сез, бәлки, бер гаҗәеп нәрсәне дә күреп алырсыз: тәрәзәдән күренеп-күренеп алучы якындагы әйберләр кечерәйгән кебек тоелалар. Ул күренеш моннан йөз ел элек үк билгеле булган. Ныклап онытылган әйберләрнең чын мәгънәсендә яңа тоелуына бер мисал бу! Бу фактның стереоскопик күрүгә катнашы бик аз; тиз хәрәкәт итүче әйберләр безгә чынбарлыктагыга караганда якынрак тоелалар һәм без: әгәр әйбер якында икән, гадәттәге зурлыкта күренсен өчен чынлыкта ул кечерәк булырга тиеш, дип уйлыйбыз.

---

[1] Кәкре юлдан баручы поездан шул кәкренең радиусы буйлап яткан әйберләрне киногә төшергәндә, алар шактый стереоскопик булып чыгалар. „Тимер юл эффекты“ дигән бу күренеш кинооператорларга яхшы таныш. Ул да югарыда сөйләнгәннәр белән аңлатыла.

## Буялган күләгәләр

Хәзер, Союзыбызның иң караңгы почмакларында да „Ильич лампалары“ кабынгач, мин сөйләргә теләгән кызыклы физик күренешне алай еш күзәтеп булмый инде: аны бала чакта күреп мин таңга калган идем. Аны күрү өчен ике төрле яктылык чыганагы: тулган ай һәм керосин лампасы кирәк. Нәкъ әнә шул шартларда, лампа яктырткан тәрәзә янында, мин үземнең ике күләгәмне күрдем. Аларның берсе зәңгәрсу, икенчесе исә кызгылт-сары төстә иде.

Бу күләгәләрнең нилектән буялуын аңлау кыен түгел. Кызгылт-сары күләгә ай яктыртканнан килеп чыга һәм ул күләгәне керосин лампасы яктыртып тора. Зәңгәрсу күләгә лампа яктысыннан килеп чыга һәм аны ай яктыртып тора; кызгылт-сары күләгә белән рәттән күренгәндә, контраст аркасында, ул зәңгәрсу төстә булып тоела.

## Төсле күзлектән караганда

Әгәр сез акка кызыл белән төшерелгән язуга кызыл пыяла аша карасагыз, һәр җире дә кызыл төстә булган фон гына күрерсез. Сез язуның эзен дә тапмассыз, чөнки ул кызыл төстәге фон белән кушылган булыр. Акка күк төс белән язылган сүзләргә шул ук пыяла аша карасагыз сез кызыл фонда кара хәрефләр күрер идегез. Аларның ни сәбәпле кара төстә булуын аңлау кыен түгел: кызыл пыяла күк нурларны үткәрми (кызыл нурларны гына үткәргәнгә күрә дә ул кызыл була); димәк, сез күк төстәге хәрефләр күрү урынына яктылык булмауны, — ягъни кара хәрефләрне күрерсез.

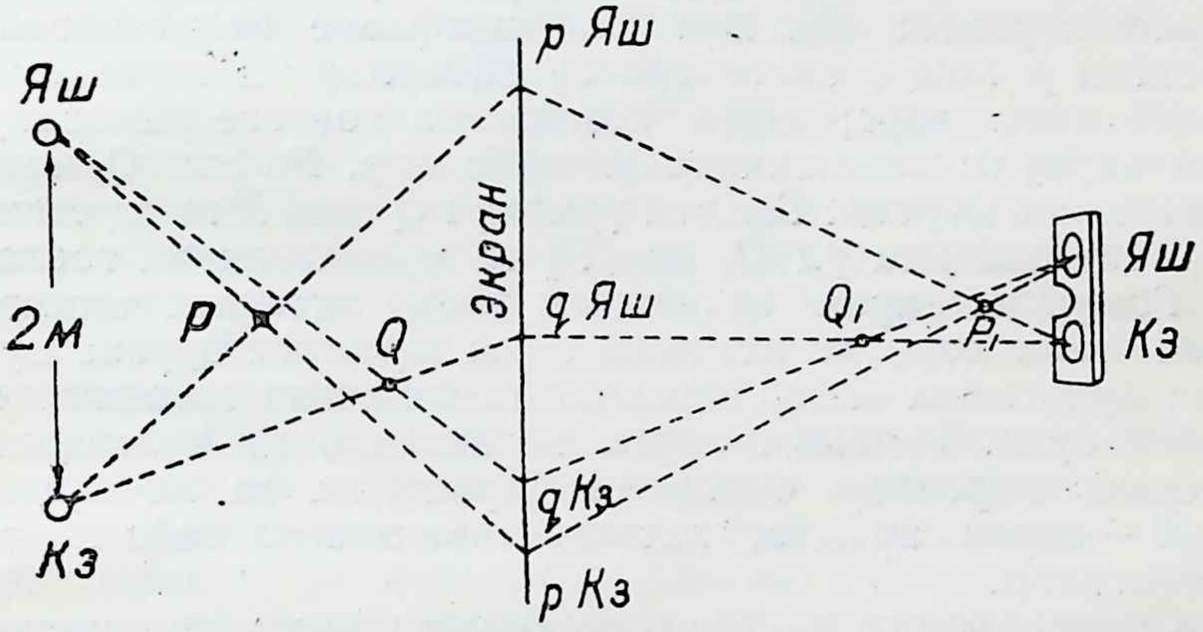
Анаглифлар дигән сурәтләр төсле пыялаларның менә шул үзлегенә нигезләнгән. Махсус рәвештә басылган бу рәсемнәр стереоскопик фоторәсемнәрнеке кебек үк эффект тудыралар. Уң һәм сул күзләргә туры килә торган сурәтләр анаглифларда берсе өстенә берсе, ләкин ике төрле буяу: күк һәм кызыл төстәге буяулар белән басылган була.

Ике төстәге ике сурәт күрү урынына кара, ләкин рельефлы сурәт күренсен өчен аларга төсле күзлек аша карау да җитә. Уң күз кызыл пыяла аша күк

төстәге сурәтне, ягъни нәкъ уң күзгә туры килә торган сурәтне генә күрә (ул төсле булып түгел, кара булып күренә). Сул күз күк төстәге пыяла аша карап, үзенә туры килүче кызыл сурәтне генә күрә. Һәр күзгә бер генә сурәт — тиешлесе генә — күренә. Биредәге шартлар стереоскоптагы кебек үк булганга күрә, нәтиҗә дә шундый ук булырга — рельеф тәэсире килеп чыгарга тиеш.

## „Күләгәләр могҗизасы"

Еш кына кинода күрсәтелә торган „күләгәләр могҗизасы" дигән эффект та без әле генә карап үткән принципка нигезләнгән.




140 нчы рәсем. „Күләгәләр могҗизасының" сере.

„Күләгәләр могҗизасы" түбәндәгедән гыйбарәт: хәрәкәт итә торган фигураларның экрандагы күләгәсе ике төсле пыяла куелган күзлекле тамашачыларга җисми булып, ягъни экраннан алга чыгып торгандай тоелалар. Монда иллюзиягә ирешү өчен ике төсле стереоскопик эффекттан файдаланалар. Күләгәсе күрсәтелергә тиешле әйберне экран белән ике яктылык чишмәсе арасына куялар. Кызыл һәм яшел төстәге яктылык бирүче ул чишмәләр янәшә итеп куела. Экранда кызыл һәм яшел төстәге күләгәләр барлыкка килә; алар өлешчә берсе өстенә берсе туры килгән

булалар. Тамашачылар бу күләгәләргә турыдан-туры түгел, бәлки кызыл һәм яшел төстәге яссы пыялалы күзлек аша карыйлар.

Мондый шартлар булганда экран яссылыгыннан калкып торучы җисми сурәт килеп чыгуы югарыда аңлатылган иде. „Күләгәләр могҗизасы“ ярдәмендә тудырылган иллюзияләр гадәттән тыш кызыклы һәм көлкеле булулар: ыргытылган әйбер кайчакта нәкъ тамашачыларга очып килгәндәй тоела; коточкыч зур гәүдәле үрмәкүч һавадан тамашачыларга таба килгән кебек була, публика ирексездән кычкырып җибәрә һәм читкә борыла. Биредәге аппаратура ифрат гади; аны 140 нчы рәсемгә карап аңларга мөмкин. Бу рәсемдә *Яш* һәм *Кз* хәрефләре яшел һәм кызыл лампаларны, $P$ һәм $Q$ — лампалар белән экран арасындагы әйберләрне күрсәтә: *Яш* һәм *Кз* хәрефләре белән янәшә куелган $p$ һәм $q$ билгеләре бу әйберләрнең экрандагы төсле күләгәләре; яшел һәм кызыл төстәге пыялалар аша карауны тамашачыга ул әйберләр, $P_1$ һәм $Q_1$ нокталарында күренә. Гаҗәеп үрмәкүч $Q$ дан $P$ га күчкәндә, тамашачыга ул $Q_1$ дән $P_1$ гә үрмәләгәндәй тоела.

Гомумән, экран артындагы әйбер яктылык чишмәсенә таба хәрәкәт иткәндә аның күләгәсе зурая; шуның аркасында әйбер экраннан тамашачыга таба килгән кебек була. Тамашачыларга экраннан очып килгәндәй тоелган нәрсәләр чынлыкта барысы да капма-каршы якка — экран артына, яктылык чишмәсенә таба хәрәкәт итәләр.

Стереоскопик кинематографны да шушы принципка нигезләп төзергә мөмкин; техник кыенлыклар булу сәбәпле, атап әйткәндә, бу идеядән файдаланып төсле кинофильмнар күрсәтергә мөмкин булмау аркасында, ул тормышка кереп китә алмады. Хәзер Мәскәүдә стереофильмнарны Иванов дигән уйлап табучы методы буенча күрсәтә торган кинотеатр эшли. Аның методы төсле фильмнарны күзлексез килеш карарга мөмкинлек бирә.

## Төснең һич тә көтмәгәндә үзгәрүе

Ленинградта Киров утрауларында Үзәк ял һәм культура паркының „Кызыклы фән павильонында“ тамашачыларга бик ошаган тәҗрибәләр турында сөйләү

биредә урынлы булыр. Бинаның бер почмагы кунак бүлмәсе кебек итеп җиһазландырылган. Сез кызгылт-сары төстәге чехол белән тышланган мебель күрәсез; өстәлгә яшел ашъяулык җәелгән; аның өстендә җиләк суы салынган графин һәм чәчәкләр тора. Киштәгә тезелгән китапларның төбенә төрле төстәге язулар язылган. Башта бу нәрсәләрне ак төстәге гади электр яктысында күрсәтәләр. Аннары, электр өзгечен борып кую белән, ак яктылык кызыл төстәгесе белән алмашына. Шул чакта бүлмә һич көтмәгәндә үзгәреп китә; мебель ал төскә керә, яшел-ашъяулык шәмәхәгә әверелә; җиләк суы чишмә суыдай төссезләнә; чәчәкләрнең дә төсе бик нык үзгәрә; китап төпләрендәге язуларның кайберсе эзсез-нисез юкка чыга...

Өзгечне икенче тапкыр борганда почмакка яшел яктылык төшә, — һәм бүлмәнең күренеше тагын танымаслык булып үзгәреп китә.

Мондый кызыклы үзгәрешләр әйберләрнең төсе турында Ньютон әйткәннәрне бик яхшы сурәтлиләр. Аның өйрәтүенең асылы менә нәрсәдә: әйбер өстенең төсе ул төшкән нурларныкы кебек булмый, бәлки ул чәчеп, тамашачы күзләренә җибәргән нурларныкы кебек була. Ньютонның бу кагыйдәсен түбәндәгечә әйтеп бирергә мөмкин:

„Без әйберләрне ак яктылык белән яктырткан чакта кызыл төс яшел нурлар йотылудан, ә яшел төс кызыл нурлар йотылудан килеп чыга, башка төсләр исә һәр ике очракта да күренәләр. Димәк, әйберләрнең төсе тискәре юл белән килеп чыга: төс — кушылу нәтиҗәсе түгел, бәлки — җитмәү нәтиҗәсе".

Шулай итеп, яшел ашъяулыкка ак якты төшкәндә ул спектрдагы яшел һәм яшел тирәсендәге нурларны чәчеп җибәргәнгә күрә яшел төстә була: башка нурларны ул аз чәчә, аларның күбрәк өлешен исә йота. Әгәр шундый ук ашъяулыкка кызыл һәм шәмәхә нурлар төшерсән, ул шәмәхә нурларны гына диярлек чәчәр, ә кызыл нурларның күп өлешен йотар. Күз аны кызгылт шәмәхә итеп күрер.

Кунак бүлмәсендәге башка үзгәрешләрнең сәбәбе дә шундыйрак. Җимеш суының төссезләнүе генә серле тоела: кызыл сыеклыкка кызыл якты төшергәндә, ул нилектән төссез булып тоела? Җимеш суы салынган графин яшел ашъяулык өстенә җәелгән тастымалда

тора, — сәбәп әнә шул. Әгәр графинны тастымалдан читкә алып куйсак, кызыл нурлар белән яктыртканда графиндагы суның төссез булмавы, бәлки кызыл булуы шунда ук күзгә ташлана. Тастымал кызыл яктылыкта кызыл булып күренә, ләкин без аны, гадәт буенча һәм караңгы төстәге ашъяулык белән чагыштырып, ак дип исәпли бирәбез. Графиндагы сыеклыкның төсе дә без ак дип уйлаган тастымалныкы кебек булганга күрә, без, ирексездән җимеш суы да ак дип уйлыйбыз; безнең күзләребезгә ул җимеш суы булып түгел, бәлки төссез су булып күренә.

Югарыда сөйләнгән тәҗрибәгә охшашлы тәҗрибәләрне гадиләштереп ясап карарга мөмкин: моның өчен төрле төстәге пыялалар табып, шулар аша тирә-юньдәге әйберләргә карарга кирәк. (Шундый эффектлар турында минем „Сез физиканы беләсезме?“ дигән китабымда сөйләнә.)

## Китапның биеклеге

Кунагыгызның кулында бер китап бар. Бу китапны идәнгә бастырып куйганда аның биеклеге күпме булыр иде? Кунагыгыз ерактан торып стенада шул биеклекне күрсәтеп бирсен. Ул моны эшләгәннән соң, китапны идәнгә бастырып карагыз: аның биеклеге кунагыгыз әйткәнгә караганда ике мәртәбә диярлек кимрәк булыр!

Сорау бирелгән кеше китапның биеклеген күрсәткәндә иелмичә, сүз белән генә аңлатып бирсә, тәҗрибә бигрәк тә яхшы чыга. Әлбәттә, бу тәҗрибәне китап белән генә түгел, без күзләребез биеклегендә күрергә күнеккән башка әйберләр белән дә (лампа, эшләпә һ. б.) ясарга ярый.

Без әйберләргә яннан караганда, алар кыскарган кебек тоелалар. Югарыда сөйләнгән ялгышуның сәбәбе әнә шунда.

## Манара сәгатенең зурлыгы

Бик югарыдагы әйберләрнең зурлыгын чамалаганда да без, кунагыгыз китап биеклеген күрсәткәндәге кебек үк, һәрвакыт ялгышабыз. Манара сәгатенең зурлыгын белергә теләгәндә без җибәргән хата аеруча

характерлы. Без, әлбәттә, бу сәгатьнең бик зур икәнен беләбез, ләкин безнең уебыздагы сәгать чынбарлыктагы сәгатьтән шактый калыша. 141 нче рәсемдә Лондонда Вестминстер аббатлыгы сәгате урамга төшереп күрсәтелгән.

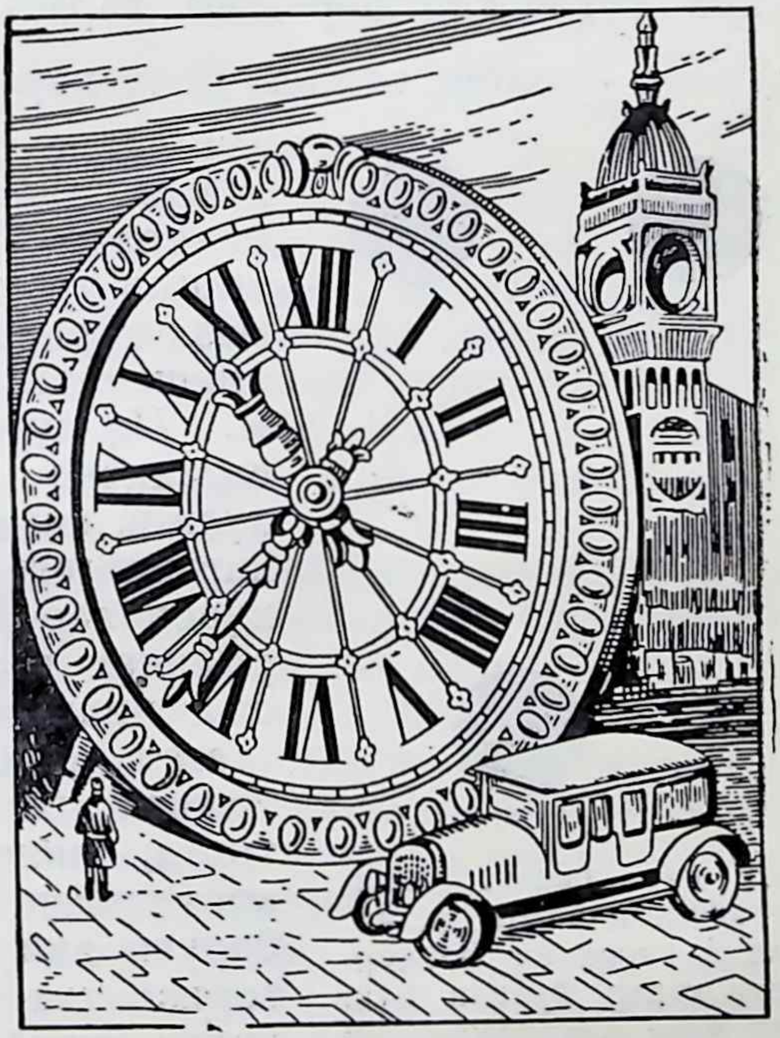
Аның белән чагыштырганда кешеләр кечкенә бөҗәк кебек күренәләр. Арттарак сәгать куелган манара күрсәтелә. Манарадагы түгәрәк уемнарның бу сәгать зурлыгында булуына һич ышанасы килми.

## Кара белән ак

142 нче рәсемгә ерактан карагыз да мондый сорауга җавап бирегез: түбәндәге түгәрәк белән югарыдагы ике түгәрәкнең берсе арасына ничә кара түгәрәк сыйдырып булыр — дүртнеме, әллә бишнеме? Ихтимал, сез дүрт түгәрәк бик иркен сыяр, ләкин бишенчесенә кысанрак булыр, дип җавап бирерсез.

Сезгә: бу арага төп-төгәл өч түгәрәк сыя, артыгы һич сыймый, дисәләр,— сез ышанмассыз да. Кәгазь кисәге я циркуль алып тикшереп карасагыз, үзегезнең ялгышканыгызны күрерсез.

Бу гаҗәп иллюзияне, ягъни кара әйберләрнең шул ук зурлыктагы ак әйберләргә караганда безгә кечкенәрәк булып тоелу-

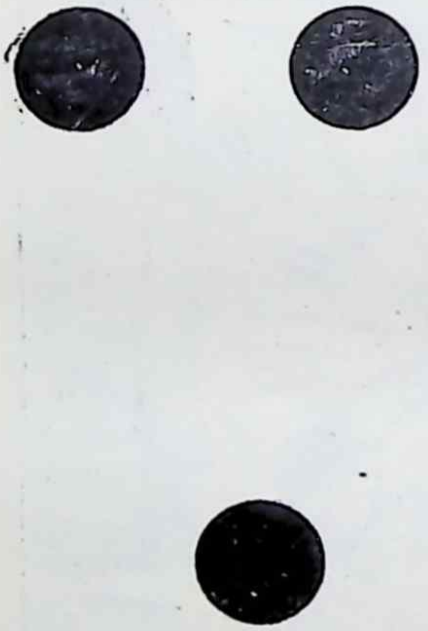


141 нче рәсем. Вестминстер аббатлыгындагы манара сәгатенең зурлыгы.

ын „иррадиация“ дип атаганнар. Ул безнең күзебезнең, оптик аппарат буларак, кимчелегеннән килеп чыга. Безнең күзебездәге яктылык сындыручы тирәлекнең челтәр сүрүдә ясалган сурәте яхшы төбәлгән фотоаппаратның тонык пыяласындагы сурәттән начаррак була: „сферик аберрация“ булу аркасында һәрбер якты сурәт тирәсендә ачык төстәге кайма хасил була һәм күзнең челтәр сүрүендәге сурәт зурая төшә. Нәтиҗәдә, ачык төстәге урыннар шул ук зурлыктагы кара урыннардан зуррак булып күренәләр.

Табигатьне бик җентекләп күзәтүче булган бөек Гёте (физик-теоретик буларак һәрвакыт дөрес юлдан бармаса да) үзенең „Төсләр турында тәгълимат“ дигән әсәрендә болай дип яза:

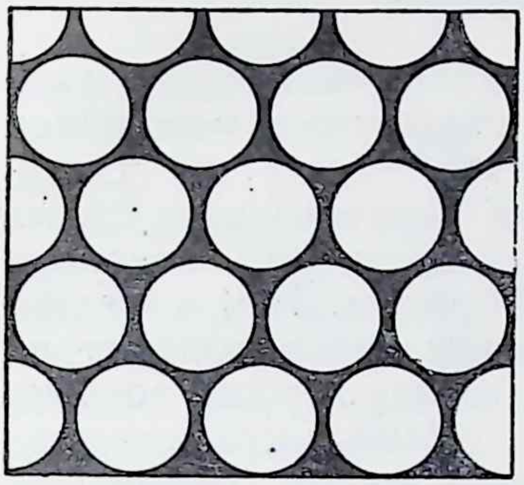
„Караңгы төстәге әйбер шул ук зурлыктагы аксыл әйберләрдән кечкенәрәк тоела. Кара фондагы ак түгәрәк белән ак фонга төшерелгән шул ук зурлыктагы кара түгәрәккә берьюлы карасак, икенчесе беренчесеннән $\frac{1}{5}$ өлеш чамасы кечкенәрәк тоелыр. Әгәр кара түгәрәкне тиешенчә зуррак итеп ясасак, алар бертигез булып күренерләр. Ай туганда күренә торган урак, Айның кайчакта азмаз күренеп торучы караңгы өлешеннән („көлсу яктылык“ — *Я. П.*) зуррак диаметрлы түгәрәкнеке кебек тоела. Кара күлмәк кигән кешеләр ак күлмәк кигәндәгегә караганда нәзегрәк күренәләр. Берәр әйбернең кырыеннан күренеп торучы яктылык чишмәсе ул әйбердә уенты ясаган кебек була. Линейка артыннан шәм ялкыны күренеп торса, линейканың шул урыны киртләнгән кебек тоела. Баеп баручы яки чыгып килүче Кояш горизонтта уенты ясаган шикелле була“.



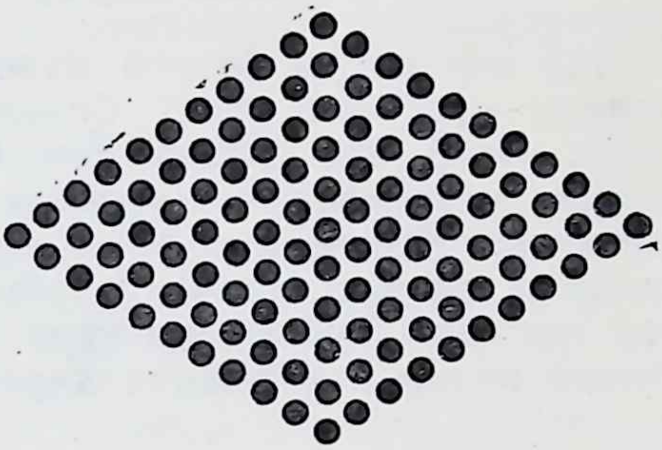
142 нче рәсем. Аскы түгәрәктән алып өстәге ике түгәрәкнең һәрберсенә кадәр булган буш ара өске түгәрәкләрнең тышкы кырыйлары арасындагы ераклыктан зуррак тоела. Чынлыкта исә алар бертигез.

Бу күзәтүләрдә — ак түгәрәк үзенә тигез булган кара түгәрәктән һәрвакыт бер үк

өлеш зуррак дигәннән калганы — барысы да дөрес. Зураю өлеше түгәрәкләргә күпме ераклыктан торып карауга бәйле. Моның нилектән шулай булуы хәзер аңлашылыр.



143 нче рәсем. Билгеле бер ераклыктан караганда түгәрәкләр алтыпочмаклы булып күренәләр.



144 нче рәсем.Ерактан караганда кара түгәрәкләр алтыпочмаклы булып күренәләр.

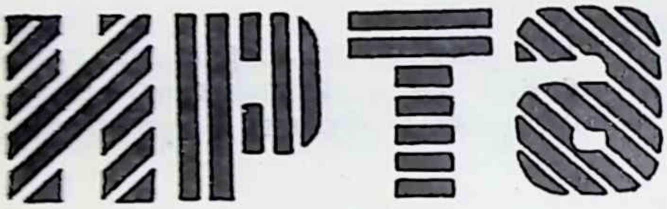
142 нче рәсемне күзләрегездән тагы да арырак куйсагыз, иллюзия тагы да көчлерәк, гаҗәбрәк булыр. Бу хәл өстәмә кайманың һәрвакыт бер килеш калуыннан килә: якын арада чакта ул якты урынның киңлеген 10% ка гына арттырган булса, ераграк торганда, ягъни сурәт үзе дә кечерәйгәндә, мондый өстәлү киңлекнең инде 10% ын гына түгел, бәлки, әйтик, 30% яки хәтта 50% ын тәшкил итәр. 143 нче рәсемнең сәер үзлеген дә күзләребезнең шул үзенчәлеге белән аңлаталар. Якыннан торып караганда сез кара фонда бик күп ак түгәрәкләр күрәсез. Ләкин китапны ераграк куеп, рәсемгә 2—3 адымнан яки, әгәр күзләрегез яхшы булса, 6—8 адымнан карагыз; фигураның рәвеше шактый нык үзгәрер: сез анда түгәрәкләр урынына бал корты кәрәзендәге кебек алтыпочмаклыклар күрерсез.

Ак фондагы кара түгәрәкләрнең дә ерактан алтыпочмаклы булып тоелуларын (144 нче рәсем) күргәннән соң, мин бу күз алдануны иррадиация белән аңлатуга бик үк канәгать булмый башладым; 144 нче рәсемдә иррадиация түгәрәкләрне зурайтмый, бәлки кечерәйтә генә бит. Шунсын да әйтергә кирәк, күз

алданууларының сәбәбен аңлатуларны әлегә төгәл дип булмый; иллюзияләрнең күбесе һаман да аңлатылмаган әле [1].

## Кайсы хәреф карарак?

145 нче рәсем безнең күзебезнең икенче бер кимчелеге — „астигматизм" белән танышырга мөмкинлек бирә. Әгәр аңа сыңар күз белән карасагыз, сезгә, бәлки, дүрт хәрефнең барысы да бертигез кара булып тоелмас. Кайсы хәрефнең карарак икәнен хәтерләп калыгыз да рәсемне янга таба борыгыз. Һич көтелмәгән үзгәреш булыр: иң кара хәреф хәзер соргылтрак булып китәр һәм икенче хәреф иң кара булып тоелыр.



145 нче рәсем. Бу язуга сыңар күз белән карагыз. Хәрефләрнең берсе башкаларыннан карарак булып күренер.

Чынлыкта исә дүрт хәрефнең барысы да бердәй кара, алар төрле юнәлештә генә штрихланганнар. Әгәр безнең күзебез кыйммәтле пыяла объективлар кебек һичбер кимчелексез төзелгән булса, штрихларның юнәлеше хәрефләрнең каралыгында чагылмас иде. Ләкин безнең күзебез нурларны төрле юнәлештә бердәй үк сындырмый һәм шуның аркасында без вертикаль, горизонталь һәм авыш сызыкларны бердәй ачык итеп күрмибез.

Мондый кимчелеге булмаган күзле кешеләр бик сирәк, ә кайбер кешеләрдә астигматизм шулкадәр көчле, хәтта күзләрнең үткерлеген дә киметә торган була.

Күзнең башка төрле органик кимчелекләре дә бар. Оптик приборлар ясаучы осталар мондый кимчелекләрне кача беләләр. Гельмгольц мондый кимчелекләр турында болай дигән иде: „Әгәр берәр оптик миңа мондый кимчелекләре булган инструмент сатарга исәп тота калса, мин аның эшкә игътибарсыз каравы турында

[1] Бу турыда минем „Күз алданулары" дигән кечкенә китабымда (Оптик иллюзияләр альбомы) тулырак сөйләнгән.

бик кискен сүзләр әйтергә һәм приборны протест белән кире кайтарырга үземне хаклы дип санар идем“.

Ләкин безнең күзебез, үзенең төзелешендә аерым кимчелекләре булу аркасында килеп чыккан бу иллюзияләрдән тыш, бөтенләй икенче төрле сәбәпләр белән аңлатыла торган әллә никадәр башка алдауларга да бирелә.

### Җанлы портретлар

Безгә карап тора торган һәм хәтта без кая барсак күзләрен шул якка боручы портретларны һәр кешенең күргәне бардыр. Мондый портретларның бу үзенчәлеген бик күптәннән күреп алганнар һәм ул күп кешегә серле булып тоелган; нервлары какшаган кешеләрне ул чын-чынлап куркуга төшерә. Гогольнең „Портрет“ дигән хикәясендә түбәндәге вакыйга бик яхшы тасвирлап бирелгән:

„Күзләр аңа төбәлделәр һәм алар бүтән бернәрсәгә дә карарга теләмиләр кебек тоела иде... Портрет тирә-юньдәге бернәрсәгә дә күз салмый, ул аның эченә керердәй булып карый иде...“

146 нчы рәсем. Серле портрет.

Портретлардагы күзләрнең мондый серле үзенчәлегенә бәйләп бик күп юк-бар әкиятләр туган (шул ук „портрет“ны искә төшерегез). Чынлыкта исә хикмәт күз алдануда гына.

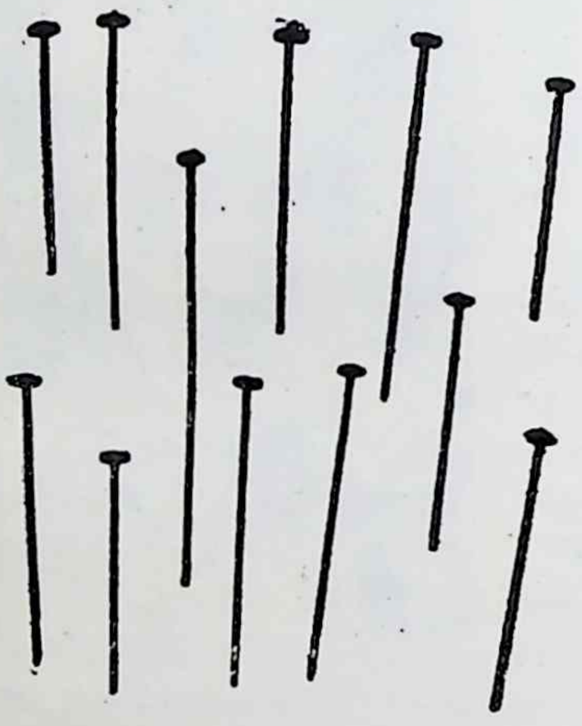
Бу портретларда бәбәк күзнең урталыгында урнашкан—сер әнә шул. Безгә текәлеп карап торучы кешене без нәкъ шундый итеп күрәбез: ул бездән читкә караганда, бәбәк һәм төсле сүрү күзнең урталыгында тормый, бәлки читкә авышып күренә. Без портреттан бер кырыйга киткән чакта, бәбәкләр урыннарыннан күчмиләр, әлбәттә,— күзнең урталыгында калалар. Шулар өстенә без портретның йөзен үзебезгә карата әүвәлге хәлендә күрәбез, шуңа күрә портрет башын безгә таба борган һәм безне күзәткән кебек була.

Кайбер картиналарның гаҗәеп үзлеге дә шулай аңлатыла: мәсәлән, без картинадан кая гына китсәк тә ат безгә таба килгәндәй тоела, кеше безгә күрсәтеп тора: аның алга сузылган кулы һаман безгә таба борыла һ. б. Шуңа охшашлы картинаның үрнәген сез 146 нчы рәсемдә күрәсез. Агитация һәм реклама максатлары өчен мондый плакатлардан бик еш файдаланалар.

Мондый иллюзияләрнең сәбәбе турында яхшылабрак уйласак, аларда бернинди гаҗәп нәрсә булмавын аңларбыз. Хәтта, киресенчә: әгәр картиналарның мондый үзлеге булмаса, чыннан да гаҗәп булыр иде.

## Кадап куелган сызыклар һәм башка төрле күз алданулар

147 нче рәсемдә күрсәтелгән берничә булавканың беренче карауда бер дә әллә ние юк кебек тоела. Ләкин китапны күзләрегез янына ук күтәрегез дә бер күзегезне йомып, карашыгыз бу сызыклар буенча китәрлек итеп карагыз. (Күзне бу туры сызыкларның дәвамы кисешә торган ноктада урнаштырырга кирәк.) Шулай караганда сезгә булавкалар кәгазьдә сызылган кебек булып, шунда кадап куелгандай тоелырлар. Башыгызны бераз читкәрәк күчерсәгез, булавкаларның да шул ук якка авышкан кебек булуларын күрерсез.



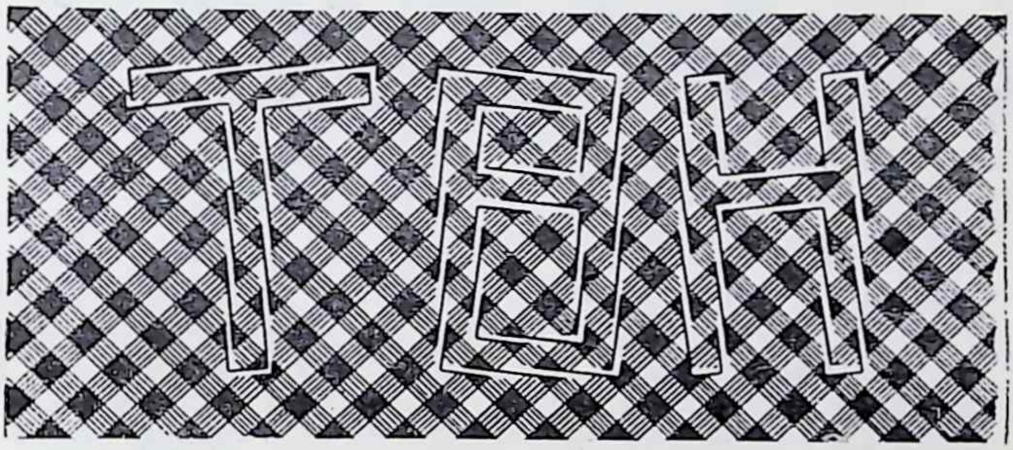
147 нче рәсем. Бер күзегезне йомып, икенчесен бу сызыкларның дәвамы кисешкән нокта тирәсендә урнаштырыгыз. Сез кәгазьгә кадап куелган булавкалар күргәндәй булырсыз. Рәсемнәрне бераз күчереп йөрткән чакта, булавкалар чайкалып торган кебек тоелалар.

Бу иллюзия перспектива законнары белән аңлатыла: кәгазьгә кадап куелган булавкаларга югарыда сөйләнгәнчә караганда алар кәгазьдә ничек проекцияләнергә тиеш булсалар, сызыклар нәкъ шулай сызып куелганнар.

Безнең мондый алдауларга бирелүебезне күзләрнең

кимчелегэ дип кенә карарга ярамый. Моның без онытып җибәргәли торган бик файдалы ягы да бар. Эш менә нәрсәдә: әгәр безнең күзебез бертөрле алдауларга да бирелми торган булса, сынлы сәнгать булмас һәм без рәсемнәргә карап ләззәтләнә алмас идек. Рәссамнар күзнең бу кимчелегеннән еш файдаланалар.

XVIII йөзнең бөек галиме Эйлер үзенең „Төрле физик материяләр турында“[1] дигән атаклы хатларында түбәндәгеләрне язган: „Сынлы сәнгать шушы алдануга нигезләнгән. Әгәр без әйберләр турында чынбарлыкка



148 нче рәсем. Хәрефләр төз торалар.

карап кына хөкем йөртергә күнеккән булсак, рәсем ясау сәнгате дә булмас һәм без сукырайган кебек булыр идек. Рәссам юкка гына буяуларын кушып азапланыр иде; без болай дияр идек: менә бу тактада кызыл тап бар, менә күк тап, биредә карасы һәм берничә аксыл сызык: бөтен нәрсә бер яссылыкта ята, аларның ераклыгы арасында һичнинди аерма да юк. Шуңа күрә бер генә әйбернең дә рәсемен төшереп булмас иде. Картинага ни генә төшерелсә дә, ул безгә кәгазьдәге язу кебек кенә күренер иде... Күзләребез шулай камил булганда, без сәнгатьнең файдасын һәм күңелгә ягымлы булуын күреп ләззәтләнә алмас һәм кызганыч хәлгә төшәр идек“.

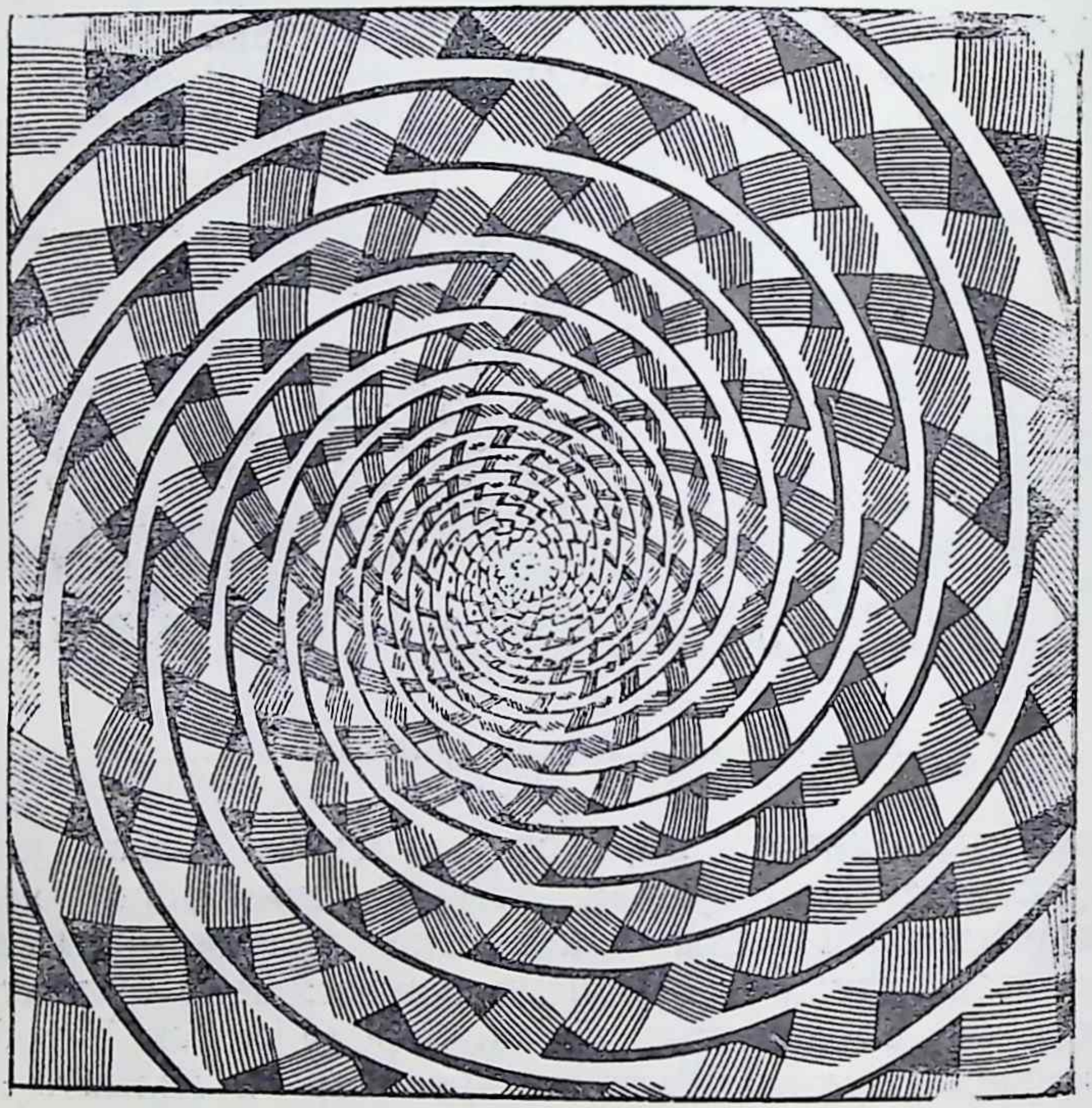
Оптик алдаулар бик күп һәм андый иллюзияләрне җыеп бөтен бер альбом төзергә мөмкин[2]. Аларның

---

[1] Санкт-Петербургта 1774 елда басылып чыккан.

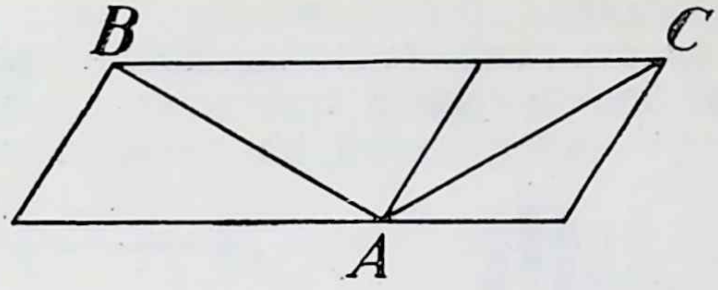
[2] Югарыда әйтелгән „Күз алдаулары“ дигән китабымда оптик иллюзияләрнең 60 тан артык үрнәге тупланган.

күбесе кешеләргә яхшы мәгълүм, кайберләрен исә бар кеше дә белеп бетерми. Һәр кеше дә белми торган оптик алдаулардан берничә кызыклы мисал китерәм 148 нче һәм 149 нчы рәсемнәрдәге челтәрле фонга сызыклар төшерелгән иллюзияләр аеруча гаҗәп: 148 нче



149 нчы рәсем. Бу фигураның кәкре сызыклары спираль кебек тоелалар; ләкин алар — геометрик әйләнәләр, — моңа ышану өчен ул сызыклар буйлап очлы шырпы йөртеп чыгу да җитә.

рәсемгә карап, анда хәрефләр төз куелганнар дигәнгә күзебез һич ышанырга теләми. 149 нчы рәсемдә безнең алда спираль сызык булмауга ышану тагы да кыенрак. Моңа ышану өчен сынап карарга туры килә: карандаш очын ялган спиральнең бер тармагына төртеп, дугалар буенча йөртеп чыксак, үзәккә якынлашмавыбыз һәм аннан ераклашмавыбыз күренер. 150 нче рәсемдә *AC* сызыгының *AB* дан кыскарак булмавына




150 нче рәсем. $AB$ арасы $AC$ га караганда озынрак тоелса да, алар бертигез.

ышану өчен дә циркуль алырга туры килә. 151 нче, 152 нче, 153 нче һәм 154 нче рәсемнәрдәге иллюзияләрнең асылы рәсем асларында аңлатылган. 153 нче рәсемдәге иллюзиянең никадәр гаҗәп булуына бер мисал китерим: минем китабымның алдагы басмаларын чыгаручы, цинкографиядән бу клишенең рәсемен китергәч, клишене эшләп үк җиткермәгәннәр дип исәпләгән һәм ак сызыклар кисешкән урыннардагы соры тапларны чистарту өчен аны цинкографиягә кире җибәрергә әзерләнгән. Шул чакны мин килеп кереп, аңа эшнең нәрсәдә икәнен аңлатып бирдем.

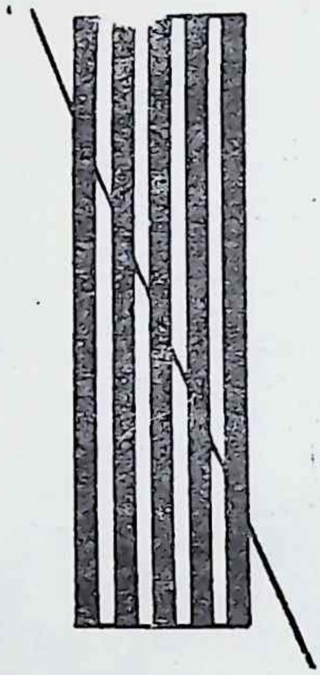
## Ерактан күрмәүчеләр турында

Ерактан күрмәүче кеше күзлексез начар күрә. Ләкин нормаль күзле кешеләр аның нәрсәләр күрүе һәм әйберләрнең аңа ничегрәк күренүе турында бик аз беләләр. Ерактан күрмәүчеләр шактый еш очрый һәм тирә-юньнең аларга ничек күренүе белән танышу укучы өчен файдалы булыр дип уйлыйм.

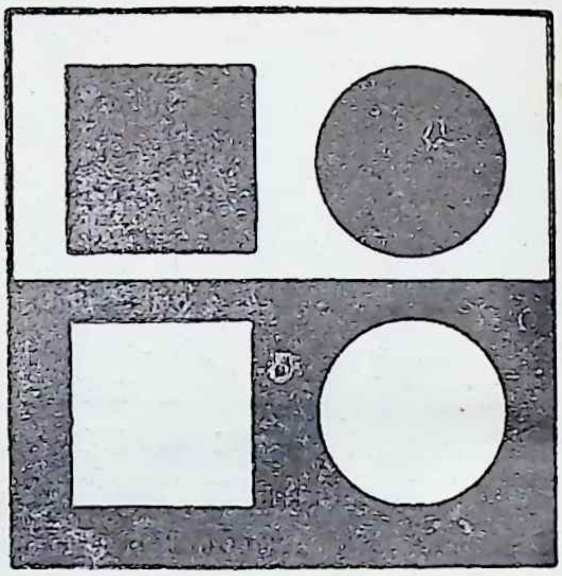
Ерактан күрмәүче (күзлексез килеш, әлбәттә) әйберләрнең кырыйларын аермачык итеп күрми, алар аңа томанлы булып тоелалар. Нормаль күзле кеше агачка карап, күк йөзе фонында аның аерым яфрак-ботакларын бик ачык күрә. Ерактан күрмәүче кешегә исә әллә нинди хыялый һәм томанлы яшел таплар гына күренә, вак детальләр югалган кебек булалар.

Ерактан күрмәүчегә кеше йөзе нормаль күзле кеше күргәнгә караганда яшьрәк һәм матуррак тоела; биттәге җыерчыклар һәм башка төрле вак-төяк кимчелекләр сизелмиләр; тән тиресенең тупас кызыллыгы (натураль яки ясалма булса да) аларга ягымлы алсу төс кебек тоела. Кайбер танышларыбыз кешеләрнең

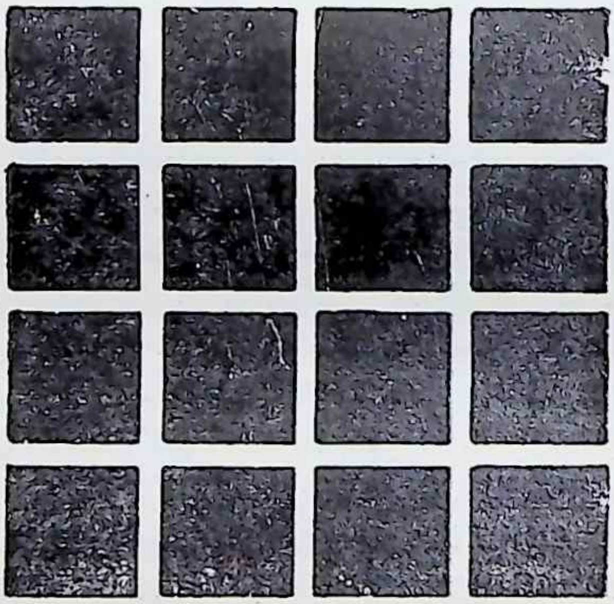
яшен чамалаганда 20 шәр яшькә диярлек ялгышкан чакта без аларга гаҗәпләнеп карыйбыз, аларның гүзәллекне аера белмәүләренә таңга калабыз, безнең күзләребезгә үк килеп карап та танырга теләмәүләрен



151 нче рәсем. Калын сызыкларны кисеп үтүче авыш сызык сынган кебек тоела.



152 нче рәсем. Ак һәм кара квадратлар да, түгәрәкләр дә бертигез.

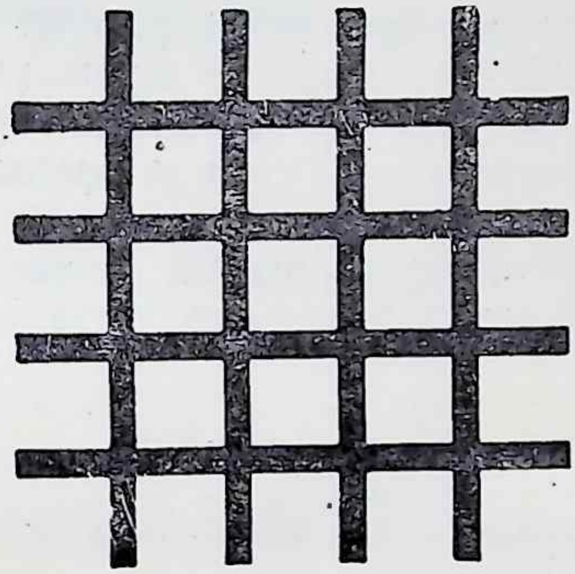


153 нче рәсем. Бу фигураның ак сызыклары кисешкән урыннарда соргылт төстәге квадрат таплар әле кабынган, әле сүнеп киткәндәй күренәләр. Чынлыкта исә бу сызыкларның төсе һәр җирдә дә апак. Моңа ышану өчен кырыйдагы кара квадратларны кәгазь белән каплап кую җитә. Бу — контрастлар нәтиҗәсе.

күргәч, аларны ихтирамсыз дип гаеплибез... Бу нәрсәләр күбесенчә еракта күрмәү сәбәпле килеп чыга.

Пушкинның замандашы һәм дусты булган Дельвиг

дигән шагыйрь үзенең хатирәләрендә болай дип яза: „Лицейда чакта мине күзлек киеп йөрүдән тыйдылар: аның каравы хатын-кызлар миңа барысы гүзәл булып күренәләр иде; укуны тәмамлагач, мин аптырап калдым“. Ерактан күрмәүче (күзлексез килеш) сезнең белән сөйләшкән чакта йөзегезне бөтенләй күрми, — һәрхәлдә ул сез уйлаган нәрсәне күрми: аның күз



154 нче рәсем. Кара сызыклар кисешкән урыннарда соргылт таплар күренә.

алдында томанлы бер сурәт була, һәм, әгәр ул сезне берәр сәгатьтән соң тагы очратып танымаса, бер дә гаҗәп түгел. Ерактан күрмәүче кеше танышларын тышкы кыяфәткә карап түгел, бәлки, күбесенчә, сөйләшкән тавышка карап танып ала: күзләрнең кимчелеге колакның үткенлеге белән каплана.

Ерактан күрмәүчегә тирә-юньнең төнлә ничегрәк сурәтләнүен белү дә кызыклы булыр. Төнлә белән барлык якты әйберләр,—фонарьлар, лампалар, ут яктысы төшкән тәрәзәләр һ. б. ерактан күрмәүчегә гаять зурайган булып тоелалар, тирә-юньдә бернинди формасыз якты, караңгы һәм томанлы таплар гына кала. Урамда тезелеп киткән фонарьлар урынына ерактан күрмәүче кеше бер-ике якты тап кына күрә, ул таплар урамның башка урыннарын каплап торалар. Мондый кеше үзенә таба килгән автомобильне дә аера алмый; аның урынына ул ике якты ореол (фаралар) һәм алар артында кап-кара зур шәүлә генә күрә.

Ерактан күрмәүчегә төнге күк йөзе дә нормаль күзгә күренгән рәвештә булмый. Ерактан күрмәүче

кеше беренчедән алып дүртенче дәрәҗәгә кадәр булган якты йолдызларны гына күрә; димәк, берничә мең урынына аңа берничә йөз йолдыз гына күренә. Аның каравы бу йолдызлар аңа бик зур якты таплар булып тоелалар. Ерактан күрмәүче кешегә Ай гаять зур һәм бик якын күренә, Ай урагы исә аңа хыялый бер формада булып тоела.

Мондый бозылуларның һәм әйберләрнең зурайгандай тоелуының сәбәбе ерактан күрмәүче кеше күзенең төзелешендә, әлбәттә. Ерактан күрмәүче күз артык тирән, — әйбердән килгән яктылык нурлары күздә сынганнан соң челтәрсыман сүрүдә җыелмыйлар, бәлки бераз алдарак җыелалар. Күзнең төбенә төшәлгән челтәрсыман сүрүгә исә аерылып киткән нурлар бәйләме генә барып җитә һәм алар анда томанлы сурәт ясыйлар.

УНЫНЧЫ БҮЛЕК

# ТАВЫШ ҺӘМ АНЫ ИШЕТҮ

## Яңгырауны ничек эзләп табарга?

Беркемнең дә күргәне юк,
Ә һәркем ишетә аны,
Гәүдәсе юк — үзе яши,
Теле юк — ә кычкыра.

Некрасов.

Марк Твен хикәяләре арасында бер коллекционерның „бәхетсезлекләре“ турында көлке хикәя бар. Беләсезме, ул нәрсә җыя торган булган? Тавыш яңгырауны, эхоны! Кат-кат яңгырый торган яки башка бер ягы белән кызык булган эхолы җирләрне бу кеше армый талмый сатып ала икән.

„Иң башта ул Георгий штатында дүрт мәртәбә кабатлана торган яңгырауны, аннан соң Мериленда 4 кабатлы, соңыннан Мэнда 13 кабатлы яңгырауны сатып алды. Чираттагы сатып алынган әйбер Канзастагы 9 кабатлы яңгырау булды; аннары ул Тенессидагы 12 кабатлы яңгырауны арзан гына бәягә сатып алды, чөнки кыяның бер өлеше җимерелеп төшү сәбәпле бу яңгырауны төзәткәләп аласы бар иде. Ул бу

яңгырауны төзәтеп булыр әле дип уйлады, ләкин бу эшкә керешкән архитекторның әле беркайчан да яңгырауны төзегәне юк иде һәм шуңа күрә ул аны тәмам бозып ташлады — ремонттан соң ул чукраклар өчен приют кына була алыр иде...“

Бу, билгеле, шаярту гына; ләкин тавышны күп мәртәбәләр яңгырата торган урыннар Җир шарында — бигрәк тә тауларда — шактый күп, һәм аларның кайберләре элек-электән бирле бөтен дөньяга мәгълүм.

Берничә мәшһүр яңгырауны санап үтик. Англиядә Вудсток замогында яңгырау 17 иҗекне аермачык итеп кабатлый. Гальберштадт янындагы Деренбург замогының хәрабәләре 27 иҗекле яңгырауны бирә иделәр, ләкин бер стена шартлатылганнан соң ул тынып калды. Чехословакиядә Адерсбах янында түгәрәк рәвешендә тезелгән кыялар мәгълүм бер җирдә 7 иҗекне өч мәртәбә кабатлыйлар; ләкин бу ноктадан берничә адым читтә хәтта мылтык тавышы да яңгырап ишетелми. Күп кабатлы янгырау Милан янындагы бер замокта (хәзер ул замок юк инде) ишетелә иде: флигель тәрәзәсеннән атылган мылтык тавышы 40—50 кабатлы, ә кычкырып әйтелгән сүз 30 кабатлы яңгырау бирә иде.

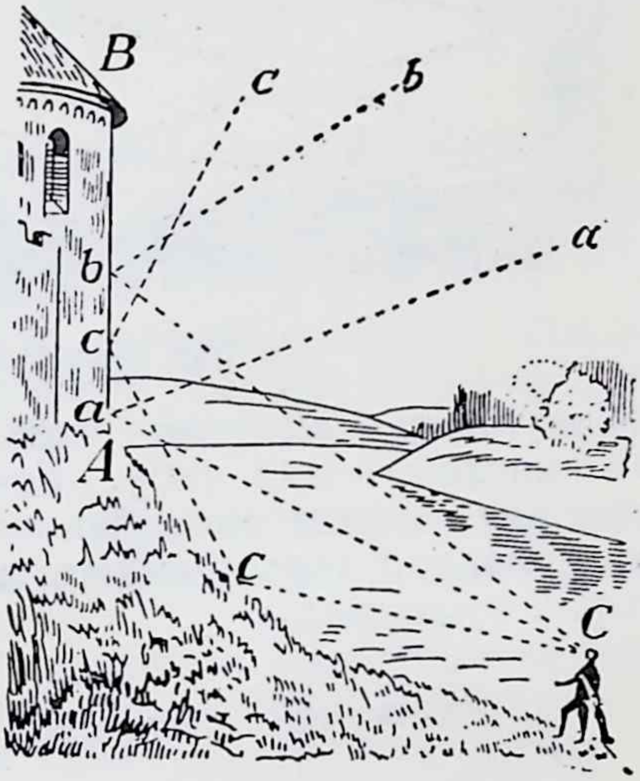
Хәтта бер мәртәбәле яңгырау ишетелгән урынны табу да шактый кыен. Хәер, безнең Союзда мондый урыннарны табу кыен түгел. Бездә урманнар белән чолгап алынган тигезлекләр һәм урманнар эчендә аланнар күп: урман стенасыннан тавыш яңгырап ишетелсен өчен мондый аланда каты гына кычкыру да җитә.

Ләкин күбесенчә таулы урыннарда яшәүче көнбатыштагы күршеләребез яңгырау мәсьәләсендә алай ук бәхетле түгел. Тауларда яңгырау тигезлекләрдәгегә караганда күп төрлерәк булса да сирәгрәк очрый. Урман чолгап алган тигезлеккә караганда таулы урында яңгырауны ишетү авыррак.

Моның ни өчен алай булуын сез хәзер аңларсыз. Яңгырау — ул тавыш дулкыннарының берәр тоткарлыкка бәрелеп кире кайтарылуы; яктылык кайтарылгандагы кебек үк, „тавыш нуры“ның да төшү почмагы аның кайтарылу почмагына тигез. (Тавыш нуры — тавыш дулкыннарының хәрәкәт юнәлеше).

Хәзер сез үзегезне тау итәгендә дип фараз кылыгыз (155 нче рәсем), ә тавышны кире кайтарырга

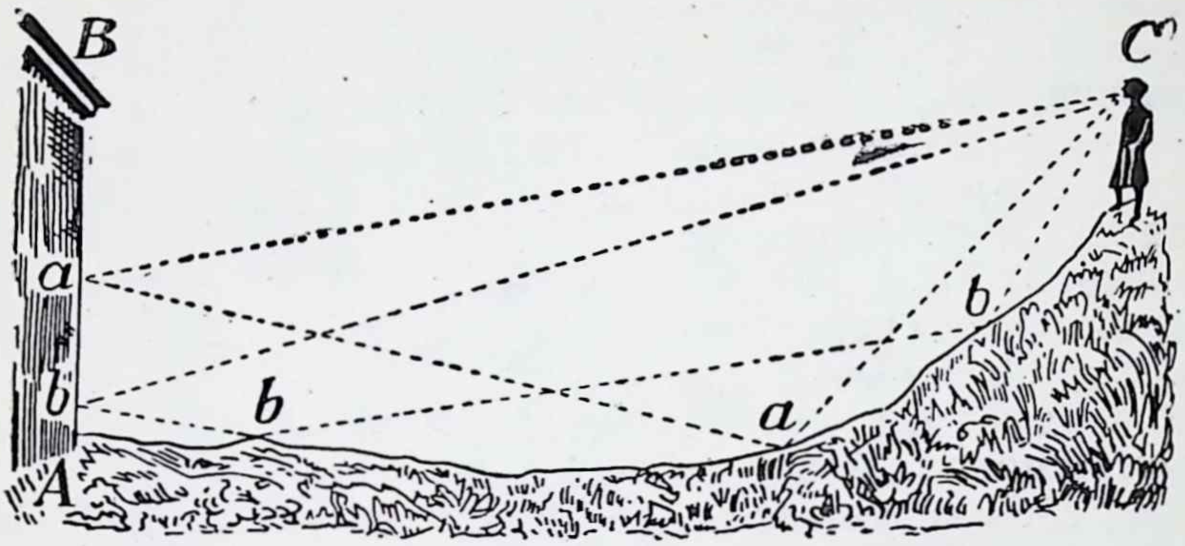
тиешле тоткарлык сездән югарырак, мәсәлән, *AB* да булсын. *Са, Св, Сс* сызыклары буенча таралучы тавыш дулкыннарының сезнең колакка кайтмаячаклары, бәлки *аа, вв, сс* юнәлешләре буенча китәчәкләре җиңел күренә. Әгәр сез тоткарлык белән бер тигезлектә яки хәтта бераз югарырак та урнашсагыз (156 нчы рәсем), эш башкачарак булыр. *Са, Св* юнәлешләре буенча түбәнгә киткән тавыш җирдән бер яки ике мәртәбә кайтарылып, *СааС,* яки *СввС* сынык сызыклары буенча сезгә әйләнеп килер. Ике пункт арасындагы җирнең батынкылыгы—ул монда батынкы көзге хезмәтен үти — яңгырауны тагы да ачыкландыра төшә. Киресенчә, әгәр *С* һәм *В* нокталары арасындагы җир кабарынкы булса, яңгырау йомшак булыр яки хәтта сезнең колакка бөтенләй килеп тә җитмәс: мондый өслек тавыш нурларын кабарынкы көзге кебек чәчеп җибәрә.



155 нче рәсем. Яңгырау юк.

Тигезсез урында яңгырауны эзләп табу өчен шактый осталык таләп ителә. Хәтта андый җирне тапкач та яңгырауны тудыра белергә кирәк. Барыннан да элек, тоткарлыкка бик якын урнашмаска кирәк: тавыш җитәрлек дәрәҗәдә озын юл үтсен, — югыйсә яңгырау артык тиз әйләнеп кайтыр да тавышның үзе белән кушылып китәр. Тавышның секундка 340 *м* юл үткәне билгеле, димәк, әгәр сез тоткарлыктан 85 *м* торып кычкырсагыз, яңгырауны сез төгәл ярты секундтан соң ишетергә тиеш буласыз.

Гәрчә яңгырау„тын һавада һәртөрле авазга үзенчә җавап бирсә дә“, барлык тавышларга да бертигез анык җавап кайтармый. „Карурманда ерткыч улап куйганда, быргы уйнаганда, күк күкрәгәндә, тау артында кыз җырлаганда“ яңгырау һаман бертөрле генә булмый. Тавыш никадәр кискенрәк булса, яңгырау




156 нчы рәсем. Анык яңгырау.

да шулкадәр аныграк була. Яңгырауны тудыру өчен иң яхшысы — кул чабу. Кеше тавышы, бигрәк тә ирләр тавышы, моның өчен бик үк яраклы түгел; хатын-кыз һәм балалар тавышындагы югары тоннар ачыграк яңгырау тудыралар.

## Үлчәү тасмасы урынына тавыш

Тавышның һавада таралу тизлеген белү, аерым очракларда, яннарына барып булмый торган урыннарның ераклыгын үлчәргә ярдәм итә. Мондый вакыйга Жюль Вернның „Җир үзәгенә сәяхәт“ дигән романында тасвирланган. Ике сәяхәтче — профессор белән аның ерак энесе — җир асты сәяхәте вакытында бер-берсен югалтканнар. Ниһаять, бер-берсенең тавышынерактан ишеткәч, алар арасында түбәндәге гәп булып алган:

— Абзый! — дип кычкырдым мин (хикәяне энесе сөйли).

Беркадәр вакыттан соң мин: — Нәрсә бар, балакаем? — дигән сүзләрне ишеттем.

— Иң башта шунсын әйтегез әле: без бер-беребездән еракмы?

— Моны белү кыен түгел.

— Хронометрыгыз исәнме?

— Әйе.

— Аны кулыгызга алыгыз. Минем исемне әйтегез дә үзегез кычкырган секундны төгәл билгеләп калы-

гыз. Тавыш миңа килеп җиткәч тә, мин исемемне кабатлармын, һәм сез минем җавап үзегезгә килеп җиткән вакытны тагын билгеләрсез.

— Яхшы. Димәк, сигнал бирелгән һәм җавап алынган вакытлар арасының яртысы синең янга барып җитү өчен тавышка ничә секунд кирәк булганлыкны күрсәтәчәк. Син әзерме?

— Әйе.

— Тыңлап тор! Мин синең исемеңне кычкырам.

Мин колагымны стенага терәдем. „Аксель“ (сөйләүченең исеме) дигән сүзне ишеткәч тә мин аны кабатладым да көтә башладым.

— Кырык секунд, — диде абзый, — димәк, тавыш миңа 20 секундта килеп җиткән. Тавыш секундка километрның өчтән бер өлешен үтә, бу исә җиде километр чамасы дигән сүз“.

Әгәр сез бу өземтәдә китерелгән вакыйганы яхшы аңлаган булсагыз, түбәндәге мәсьәләне үзегез җиңел чишә алырсыз.

Мин паровоз гудогының тавышын шул гудок чыгарган ак төтен күренгәннән соң секунд ярым үткәч ишеттем. Мин паровоздан күпме ераклыкта торам?

## Тавыш көзгеләре

Урман чите, биек койма, бина, тау — гомумән, яңгырауны кайтаручы һәртөрле тоткарлык — тавыш к ө з г е с е ул: яссы көзге яктылыкны ничек кайтарса, алар да тавышны шулай ук кайтаралар.

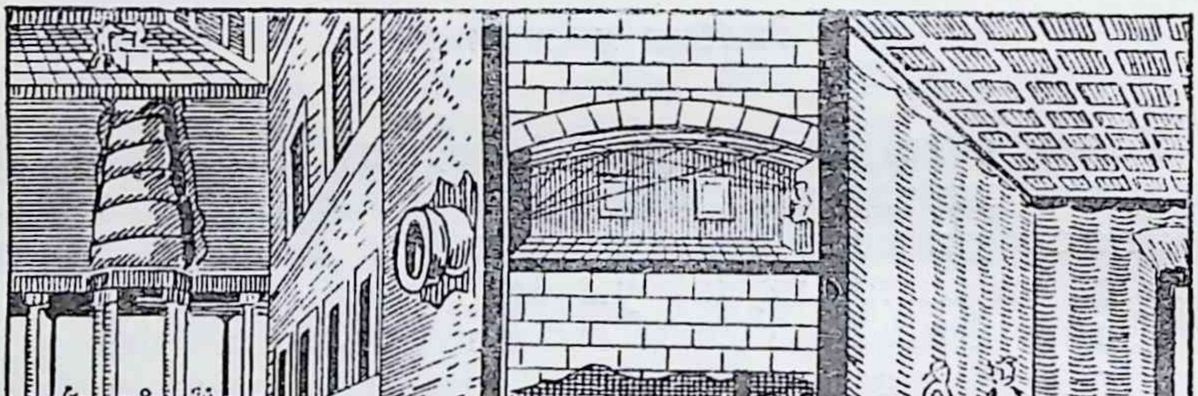
Тавыш көзгеләре яссы гына түгел, бәлки бөгелгән рәвештә дә булалар. Батынкы тавыш көзгесе, рефлектор кебек үк, „тавыш нурларын“ үз фокусына туплый.

Ике тирән тәлинкә белән менә мондый кызыклы тәҗрибә ясап карарга мөмкин. Бер тәлинкәне өстәл өстенә куегыз да аның төбеннән берничә сантиметр ераклыкта кесә сәгате тотып торыгыз. Икенче тәлинкәне 157 нче рәсемдә күрсәтелгәнчә колагыгыз янында тотыгыз. Әгәр сәгать, колак һәм тәлинкәләрнең торышлары дөрес табылган булса (моңа берничә тәҗрибәдән соң ирешеп була), — сезгә сәгать текелдәве колагыгыз янындагы тәлинкәдән килгән кебек тоелыр. Күзегезне йомсагыз, иллюзия тагын да көчәя: ул чагында сез

157 нче рәсем. Батынкы тавыш көзгеләре.

сәгатегезнең уң кулыгыздамы, әллә сул кулыгыздамы икәнен һич аерып әйтә алмыйсыз.

Урта гасырларда замок төзүчеләр бюстларны я батынкы тавыш көзгесенең фокусына, яки оста итеп стена эченә яшерелгән сөйләшү көпшәсе очына урнаштырып, тавыш могҗизалары ясый торган булганнар. XVI гасырдагы борынгы китаптан алынган 158 нче рәсемдә бу хәйләле корылмаларны күрергә мөмкин: гөмбәзсыман түшәм читтәге сөйләшү көпшәсеннән килгән тавышларны бюст иреннәренә юнәлтә; бина эченә яшерелгән гаять зур сөйләшү көпшәләре залларның берсендә стеналар янындагы таш бюстларга ишек алдыннан һәртөрле тавышларны китерәләр һ. б. Мондый галереяга кергән кешегә мәрмәр бюстларның пышылдашып, көй көйләп һ. б. авазлар чыгарып утырганнары ишетелгәндәй тоела.



158 нче рәсем. Борынгы замокта гаҗәп тавышлар — сөйләшүче бюстлар. (Афанасий Кирхер китабыннан, 1560 ел.)

## Театр залындагы тавышлар

Төрле театр һәм концерт залларына еш йөргән кеше ишетелеш ягыннан залларның яхшы акустикалы һәм начар акустикалы булуын белә: кайбер биналарда артистларның һәм музыка коралларының тавышы ерак арадан да аермачык ишетелә, башкаларында исә хәтта якыннан да ачык ишетелми. Физик Вудның „Тавыш дулкыннары һәм аларны куллану“ исемле китабында[1] моның сәбәбе бик яхшы аңлатылган“.

„Бинада тудырылган теләсә нинди аваз тавыш чыганагы туктаганнан соң да шактый озак вакыт ишетелеп тора; күп кабатлы кайтарылулар нәтиҗәсендә ул бинаны берничә мәртәбә әйләнеп йөри, — ә бу вакыт эчендә яңа тавышлар чыгарыла, һәм тыңлап торучы аларны тиешле тәртиптә ишетә дә, аңлый да алмый. Мәсәлән, әгәр тавыш 3 секундка сузылса һәм оратор һәр секундта өч иҗек әйтеп торса, 9 иҗеккә туры килүче тавыш дулкыннары барысы бергә аралашып бүлмә эчендә йөриячәкләр һәм буталчык бер шау-шу тудырачаклар: тыңлап торучы кеше ораторны аңламаячак.

Мондый шартларда ораторга гаять ачык һәм артык кычкырмыйча сөйләү чарасы гына кала. Ләкин гадәттә ораторлар, киресенчә, бик кычкырып сөйләргә тырышалар һәм шулай итеп шау-шуны гына арттыралар“.

Әле күптән түгел генә, яхшы акустикалы театр бинасын төзү бәхетле очрак нәтиҗәсе итеп карала иде. Хәзерге вакытта тавышның кирәгеннән артык дәвам итеп (бу хәл „реверберация“ дип атала), ишетелешне бозуына каршы уңышлы көрәш ысуллары табылды. Бары архитекторлар өчен генә әһәмиятле булган ваклыкларга бу китапта тукталу урынлы булмас. Начар акустикага каршы көрәшнең артык тавышларны йотучы өслекләр төзүгә нигезләнүен генә әйтеп китим. Яктылыкны иң яхшы йотучы нәрсә булып тишем исәпләнгән кебек үк, ачык тәрәзә дә тавышны иң яхшы йотучылардан санала: хәтта ачык тәрәзәнең бер квадрат метры тавыш йотылышны үлчәү берәмлеге итеп тә кабул ителде. Театрдагы тамашачылар үзләре дә тавышны бик яхшы йоталар (ачык тәрәзә белән чагыш-

---

[1] Бу китап 1934 елда рус телендә чыкты.

тырганда ике мәртәбә начаррак булса да); бу яктан алганда һәр кеше бер квадрат метр ачык тәрәзәнең яртысы чамасына тигез. Һәм бер физикның: „аудитория ораторның чыгышын тулы мәгънәсе белән йота" дигән фикере никадәр дөрес булса, буш зал оратор өчен күңелсез дигән фикер дә дөрес.

Киресенчә, тавыш артык нык йотылганда да ишетелү начар була. Беренчедән, артык көчле йотылыш тавышны тонықландыра, икенчедән исә реверберацияне шулкадәр көчсезләндерә, хәтта тавышлар өзек-өзек һәм коры булып ишетеләләр һәм шуңа күрә, артык озын реверберациядән котылу кирәк булган кебек үк, артык кыска реверберация дә ярап бетми. Гомумән, иң яхшы реверберация төрле заллар өчен төрлечә һәм бу һәр залны проектлаштырганда исәпкә алынырга тиеш.

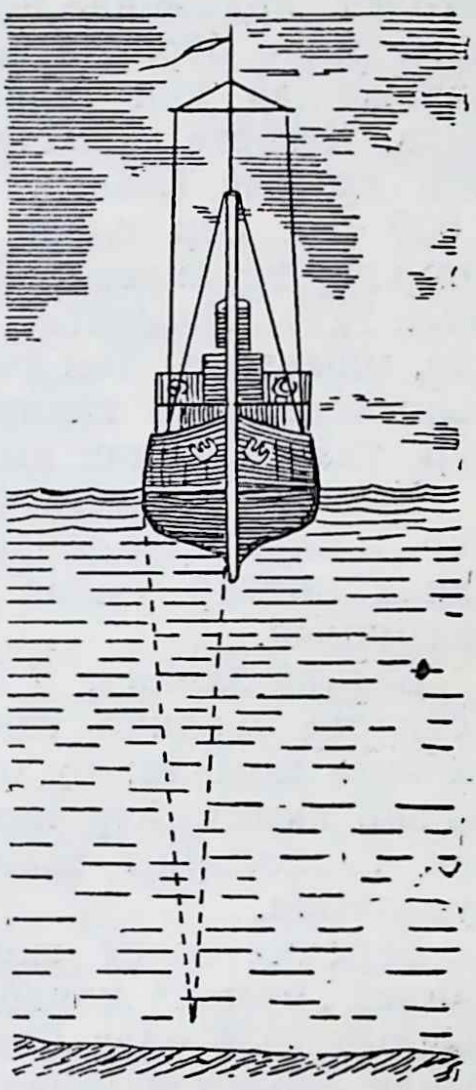
Театрда физика күзлегеннән караганда тагын бер кызыклы нәрсә — суфлер будкасы бар. Бу будканың барлык театрларда да бер үк формада булуына игътибар иткәнегез бармы? Моның сәбәбе суфлер будкасының үзенә бертөрле физик прибор булуында. Будка гөмбәзе — ике төрле хезмәте булган батынкы тавыш көзгесе ул: бу гөмбәз суфлер авызыннан чыккан тавыш дулкыннарын халыкка таба җибәрми, һәм, моннан тыш, бу дулкыннарны сәхнәгә таба кайтара.

## Диңгез төбеннән тавыш кайтарылу

Тавыш яңгыравыгы ярдәмендә диңгез һәм океаннарның тирәнлеген үлчәү ысулы табылганга кадәр кеше яңгыраудан бернинди дә файда алмады. Бу ысул очраклы рәвештә генә уйлап табылды. 1912 елда гаять зур океан пароходы „Титаник" зур боз тавына бәрелү нәтиҗәсендә барлык пассажирлары белән диңгез төбенә китә. Мондый һәлакәтләрдән котылу максаты белән томан вакытларында яки төнлә йөзгән чакта судно алдында боз кисәкләре барлыгын белү өчен тавыш яңгыраудан файдаланырга тырышып караганнар. Бу ысул тәҗрибәдә үзен аклый алмады, ләкин башка бер фикерне — тавышның диңгез төбеннән кайтарылуы ярдәмендә диңгез тирәнлеген үлчәү фикерен тудырды. Бу фикер гаять кулай булып чыкты, һәм хәзерге ва-

кытта күп кораблар — шул исәптән безнең „Ермак" бозваткычы да — тиешле техник җайланмалар белән җиһазландырылды.

159 нчы рәсемдә сез шундый җайланманың схемасын күрәсез. Корабның бер боргында, трюм төбендә, патрон бар, бу патрон кабызылган вакытта кискен тавыш чыгара. Тавыш дулкыннары су катлавын үтеп, диңгез төбенә җитәләр һәм аннан яңгырап кире кайталар. Бу яңгыравыкны патрон кебек үк кораб төбенә урнаштырылган сизгер прибор тотып ала. Төгәл йөри торган сәгать тавыш чыккан һәм яңгырау ишетелгән вакытлар арасын билгели. Тавышның судагы тизлеген белгән хәлдә тавышны кайтаручы каршылыкның еракльгын, ягъни диңгез яки океанның тирәнлеген хисаплап чыгарырга мөмкин.



159 нчы рәсем. Эхолотның эшләү схемасы.

Мисал өчен, патрон шартлау һәм яңгырау кайту арасында 2,4 секунд вакыт үткән булсын. Бу санны тавышның диңгез суындагы тизлегенә (1435 *м/сек*) тапкырлап, океанның икеләтелгән тирәнлеген — тавышның океан төбенә барып кире кайткан юлының озынлыгын табабыз.

$$1\,435 \times 2{,}4 = 3\,444 \textit{ м}.$$

Димәк, бу урында океанның тирәнлеге

$$3\,444 : 2 = 1\,722 \textit{ м} \text{ га тигез була.}$$

Эхолот дип аталган бу җайланма диңгез тирәнлеген үлчәү практикасына гаять зур үзгәрешләр кертте. Элекке системадагы тирәнлек үлчәү приборларыннан

файдалану судно туктап торган вакытта гына мөмкин булып, күп вакыт сорый иде. Лотлиньне ул уралган тәгәрмәчтән гаять акрын (минутка 150 метр) тизлек белән сүтеп төшерергә туры килә һәм аны кире күтәрү дә шулай ук акрын бара иде. Бу ысул белән 3 километр тирәнлекне үлчәү өчен $^{3}/_{4}$ сәгать вакыт китә. Эхолот ярдәмендә шул ук тирәнлекне кораб тизлеген киметмичә берничә секундта үлчәргә мөмкин, һәм бу нәтиҗә дә күп тапкыр төгәлрәк һәм ышанычлырак була. Хәзерге вакыттагы үлчәүләрдә хата чирек метрдан артмый (моның өчен вакыт аралары секундның 3 000 нән бер өлеше кадәр төгәллек белән үлчәнә). Әгәр зур тирәнлекләрне төгәл үлчәү океанография фәне өчен гаять әһәмиятле булса, сай урыннарда тирәнлекне тиз, ышанычлы һәм төгәл үлчәү диңгездә йөзүнең куркынычсызлыгын тәэмин итә: эхолот ярдәмендә судно зур тизлек белән кыю рәвештә ярга якынлаша ала.

Хәзерге вакытта 5—6 төрле системадагы эхолот бар, ә алар ярдәмендә үткәрелгән үлчәүләр саны механик лотлар белән үткәрелгән үлчәүләр санынннан калышмый.

Безнең заманда 2 метрдан 36 метрга кадәр тирәнлекләрне берничә сантиметрга кадәр төгәллек белән үлчәргә мөмкин; бу очракта һәр секундта 20 мәртәбә (ягъни якынча һәр чирек метр юл үткәч) үлчиләр. Баткан судноларны эзләгәндә дә мондый лот уңышлы кулланыла.

Беренче совет эхолоты (Ленинград заводында эшләнде) „Ермак“ корабына урнаштырылган; бу бозваткычның 1934 елда Ленинград — Мурманск рейсы вакытында эхолот ярдәмендә күп мәртәбә диңгез тирәнлеген үлчәп карадылар, бу үлчәүләр совет приборының югары сыйфатлы икәнлеген күрсәттеләр.

Самолетларның җирдән яки су өстеннән биеклеген билгеләү өчен, башка ысуллар ышанычлы нәтиҗәләр бирмәгән очракларда, эхолотлардан файдалану уңышлы булды.

Хәзерге заман эхолотларында гади тавышлар түгел, ә бәлки кеше колагына ишетелми торган, секундка берничә миллион тирбәнешле гаять интенсив „ультратавыш“ кулланыла. Бу тавышларны тиз үзгәрүче электр кырына урнаштырылган кварц пластинка (пьезокварц) тибрәнешләре барлыкка китерә.

## Бөҗәкләр безелдәве

Ни өчен бөҗәкләр безелдәүче тавыш чыгаралар? Моның өчен аларның күпчелегендә һичнинди махсус орган юк; бөҗәк очып йөргән вакытта гына ишетелә торган бу безелдәү бөҗәкләрнең секундка берничә йөз мәртәбә канат кагуларыннан гына килеп чыга. Бөҗәк канаты — тирбәнүче пластинка ул, ә без җитәрлек ешлыкта (секундка 16 мәртәбәдән ешрак) тирбәнүче пластинканың билгеле бер тондагы тавыш тудырганын беләбез.

Теге яки бу бөҗәк очкан вакытта секундка ничә мәртәбә канат какканын ничек белергә мөмкин? Моның өчен бөҗәк чыгарган тавышның югарылыгын белү җитә,— чөнки һәр тонга билгеле бер тирбәнү ешлыгы туры килә. „Вакыт лупасы“ (I бүлек) ярдәмендә һәр бөҗәкнең канат кагу ешлыгы үзгәрешсез диярлек булганы ачыкланды; тигез очу өчен бөҗәк фәкать канат кагуның зурлыгын — тирбәнеш „амплитудасын“ һәм канатларның авышлыгын гына үзгәртә; секунд эчендә канат кагулар саны һава салкынлыгының тәэсире астында гына арта. Менә шуңа күрә дә бөҗәк очканда чыккан тавышның тоны үзгәрешсез кала... Мәсәлән, йорт чебене (очкан вакытта *F* тоны чыгара) секундка 352 мәртәбә канат кага. Төклетура секундка 220 мәртәбә канат кагып ала. *A* тонын чыгаручы умарта корты болай гына очкан вакытта секундка 440 мәртәбә, ә бал төяп кайтканда нибары 330 мәртәбә генә (*B* тоны) канат кага. Очкан вакытта түбәнрәк тоннар тудыручы коңгызлар канатларын алай ук җитез селкетмиләр. Черки (озынборын) исә канатчыклары белән секундка 500—600 тирбәнеш ясый. Чагыштыру өчен самолет пропеллерының секундка уртача 25 әйләнеш ясаганын күрсәтеп үтәбез.

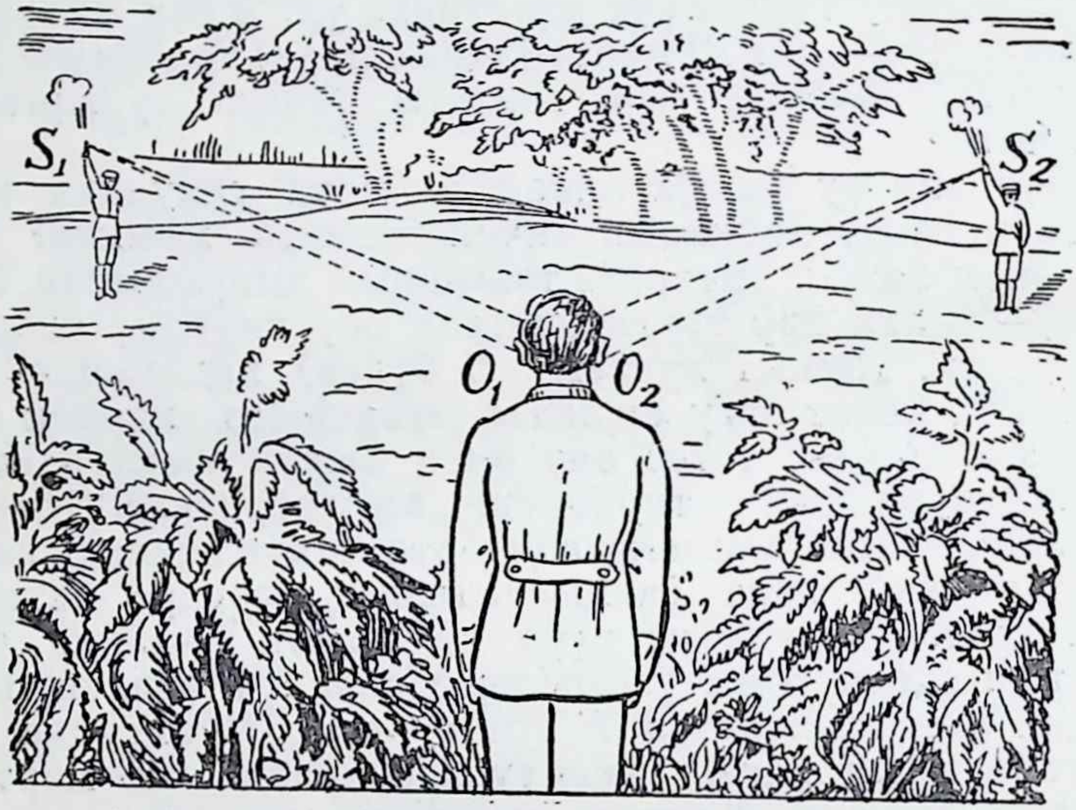
## Чикерткә кайда черелди?

Кайчакларда без тавыш чыгаручы әйбергә кадәр булган араны түгел, бәлки юнәлешне ялгыш билгелибез.

Безнең колакларыбыз мылтык тавышы бездән уңдамы яки сулдамы яңгырраганын шактый яхшы аералар (160 нчы рәсем). Ләкин, әгәр тавыш чыганагы безнең нәкъ алдыбызда яки артыбызда урнашса (161 нче рә-

сем), бу чыганакның урынын безнең колакларыбыз белә алмый кала: бездән алда атылган мылтык тавышы күп вакытта арттан килгән кебек ишетелә.

Без мондый очракларда тавышның катылыгына карап, мылтыкның ерактамы яки якындамы атылганын гына аера алабыз.




160 нчы рәсем. Мылтыкны кайда атканнар: уңдамы әллә сулдамы?

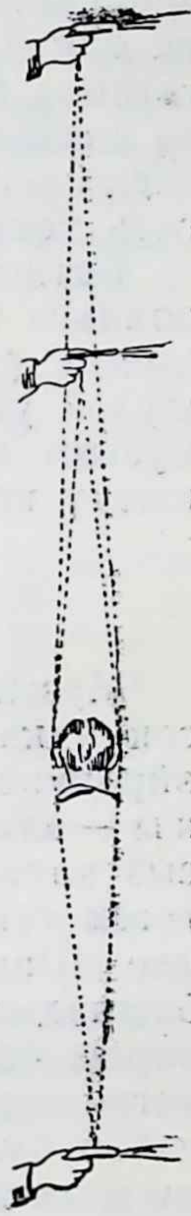
Сезне күп нәрсәгә өйрәтә алырлык бер тәжрибәне күрсәтик. Кемне дә булса күзләрен бәйләп бүлмә уртасына утыртыгыз да аннан тыныч кына, башын боргаламыйча утыруын үтенегез. Кулыгызга ике вак акча алыгыз, сезнең кунагыгызның ике күзе арасыннан үтүче вертикаль яссылыкта бер акча белән икенчесенә бәргәләгез. Сыналучы кеше акчаларның бер-берсенә бәрелгән урынны белергә тырышып карасын. Кеше ышанмаслык нәтиҗә күрерсез: тавыш бүлмәнең бер почмагында чыгарыла, ә сыналучы кеше бөтенләй капма-каршы якка күрсәтә!

Әгәр сез баш симметриясе яссылыгыннан читкәрәк китсәгез, хаталар болай ук тупас булмас. Бу аңлашыла да: хәзер тавыш сезнең кунагыгызның якынрак

колагына бераз тизрәк һәм катырак ишетелә; шуңа күрә сыналучы кеше тавышның кайдан чыкканын билгели ала.

Бу тәҗрибә үләннәр арасында черелдәүче чикерткәне күрү нилектән кыен булганны да аңлатып бирә. Сездән ике адымда, сукмактан уң якта кискен тавыш яңгырый. Сез шунда таба карыйсыз, ләкин берни дә күрмисез; ә тавыш инде сул яктан килә. Башыгызны шул якка борасыз,— ләкин тавыш хәзерниндидер өченче урыннан ишетелә. Чикерткә тавышы артыннан сез никадәр тизрәк борылсагыз, әлеге күренми торган музыкантның сикерүләре дә шулкадәр җитезрәк булыр. Чынбарлыкта исә бөҗәк бер урында гына утыра; аның искиткеч сикерүләре — сезнең хыялыгыз җимеше, ялгыш ишетү нәтиҗәсе генә. Сезнең хата шунда: сез чикерткәне һәрвакыт сезнең башыгызның симметриясе яссылыгында калдырып борыласыз. Мондый шартларда, югарыда күрсәтелгәнчә, тавыш юнәлешен билгеләүдә бик тиз ялгышырга мөмкин: чикерткәнең черелдәве сездән алда яңгырый, ләкин сез, ялгышлык белән, бу тавыш капма-каршы яктан килә дип уйлыйсыз.

Моннан практик нәтиҗә: әгәр чикерткә яки кәккүк тавышы һәм еракта ишетелгән башка авазларның кайдан килгәнен белергә теләсәгез,— йөзегезне тавыш ишетелгән якка таба бормагыз, бәлки, киресенчә,— башка якка таба карагыз. Хәер, „сагаеп“ тыңланып торган вакытта без нәкъ шулай эшлибез дә.



161 нче рәсем. Мылтыкны кайда атканнар?

### Тавыш „могҗизалары“

Без каты сухари кимергән вакытта колак тондыргыч тавыш ишетәбез, ә безнең күршеләребез шул ук сухариларны алай ук шау-шу кубармыйча гына ашыйлар. Алар бу шау-шуны ничек булдырмыйлар икән соң?

Эш шунда: бу тавыш һәм шау-шу безнең колакка гына ишетелә һәм күршеләребезне аз борчый. Баш

сөяге, гомумән каты, тыгыз матдәләр кебек үк, тавышны бик яхшы үткәрә, ә тыгыз тирәлектә тавыш кайвакытларда гадәттән тыш нык көчәя. Сухари ватылуы колакка һава аркылы килгәндә зәгыйфь тавыш кебек кабул ителә; ләкин шул ук тавыш ишетү нервларына баш сөяге аркылы килсә, каты шатырдауга әйләнә. Шул ук өлкәдән тагын бер тәҗрибә ясап карагыз: кесә сәгатенең божрасын тешләрегез арасына кысып тотыгыз да колакларыгызны бармакларыгыз белән ныгытып каплагыз — сез нык-нык бәргән тавышлар ишетерсез; сәгать текелдәве шулай көчәер.

Бетховен, саңгыраулангач, таягының бер башын рояльгә терәтеп һәм икенче башын тешләре арасына кысып, рояль уйнавын тыңлаган дип сөйлиләр. Нәкъ шулай ук, эчке колаклары исән калган чукраклар да музыка тавышы астында бии алалар: тавыш аларның ишетү нервларына идән һәм сөякләр аркылы килә.

## Шау-шуны ничек үлчиләр?

Музыкаль тоннарны: ягъни билгеле бер югарылыгы, секундка билгеле тирбәнеш саны булган тавышларны өйрәнүнең әһәмияте һәркемгә ачык. Ләкин шау-шуны — алмашынучан ешлыктагы тавышларның аңлаешсыз катнашмасын өйрәнү ни өчен кирәк? Әле күптән түгел генә шау-шу фәнни яктан бөтенләй өйрәнелми иде. Шау-шу соңгы вакытта гына һәр яктан өйрәнелә башлады: каты тавышларның кешенең сәламәтлегенә зарарлы йогынты ясаулары һәм хезмәт җитештерүчәнлеген сизелерлек киметүләре[1] ачыклану бу өйрәнүгә сәбәп булды. Барыннан да элек, тавышның катылыгын төгәл бәяләргә, аны билгеле бер сан белән күрсәтергә кирәк иде. Ә моның өчен катылыкны үлчәү берәмлеге билгеләү кирәк булды.

Тавыш катылыгын үлчәү берәмлеге булып 10 децибелга тигез булган 1 бел катылык хезмәт итә; практикада децибел дигән кечкенәрәк берәмлек кулланыла. Безнең колактан 2 адым ераклыкта акрын гына пышылдауның яки җиңелчә генә җил искәндә яфраклар кыштырдавының катылыгы 10 децибелга (1 бел) тигез;

---

[1] Кайбер тикшерүләргә караганда хәтта йомшак шау-шу да хезмәт җитештерүчәнлеген 40% ка киметә ала.

кычкырып сөйләшү — 65 децибелга, безнең колактан 10 метр читтәрәк торган заклепка машинасы — 100 белга якын катылык бирә. Катылыкны бу ысул белән билгеләүнең үзенчәлеге шунда: катылыкларның 1 бел аермасына тавыш көченең 10 чагыштырмасы, 2 бел аермага 100 чагыштырмасы һ. б. туры килә. Әгәр акрын баручы автомобиль 5 бел катылыктагы тавыш, ә кыштырдаучы яфраклар 1 бел катылыктагы тавыш тудыра икән, автомобиль тавышының физик көче (энергиясе) яфраклар кыштырдау энергиясеннән 5 мәртәбә түгел, ә $10^4$, ягъни 10 000 мәртәбә зуррак була. Мәсьәләнең математик ягына монда тукталып тормыйбыз; бу турыда укучы авторның „Кызыклы алгебра" китабыннан укый ала.

Катылыкны билгеләү өчен мисал итеп табигатьтәге һәм производстводагы кайбер шау-шуларның катылыгы китерелә:

| | | |
|---|---|---|
| Йомшак җил искәндә яфраклар кыштырдавы . . . . . | 10 | децибел |
| Колактан 120 *см* ераклыкта гадәттәгечә пышылдау . . . | 20 | „ |
| Кичке сәгатьләрдә тын урам . . . . . . . . . . | 30 | „ |
| Колактан 10 *м* ераклыкта акрын баручы автомобиль . . | 50 | „ |
| Колактан 1 *м* ераклыкта гадәттәгечә сөйләшү . . . . | 65 | „ |
| Ниагара шарлавыгының иң шау-шулы урыны . . . . . | 90 | „ |
| Колактан 10 *м* ераклыкта заклепка машинасы . . . . | 97 | „ |
| Тавыш киметкечсез аэроплан моторы . . . . . . . . | 100 | „ |

80 децибелга тигез һәм аннан да көчлерәк шау-шу сәламәтлеккә начар йогынты ясый: ул йөрәк ритмын боза, кан басымын күтәрә һ. б. Димәк, зарарлы шау-шуга каршы көрәшергә кирәк. Әмма ничек итеп?

Бу сорауга белгеч проф. Ржевкин түбәндәгечә җавап бирә:

„Шау-шу белән көрәштә аеруча тавышлы машиналарның конструкциясен яхшыртуга ирешергә мөмкин. Тавышлы машиналарны тавыш үткәрмәүче стеналары һәм нигезе булган махсус биналарга урнаштырырга мөмкин; метрополитен шау-шуын киметү өчен вагоннарны махсус конструкцияле итеп ясарга һәм туннельләрне тавыш йотучы материаллар белән тышларга була. Аэроплан кабиналарын тавыштан изоляцияләү өлкәсендә шактый зур уңышларга ирешелде инде. Торак йортларны тышкы һәм эчке тавышлардан изоляцияләү гаять әһәмиятле. Бу яктан караганда төзелеш-

не артык кыйммәткә төшермичә стеналарны, түшәмнәрне һәм ишекләрне рациональ конструкцияләү ярдәмендә күп нәрсәгә ирешергә мөмкин булыр".

## „Эчтән сөйләү могҗизалары"

Эчтән сөйләүчеләрнең безне искиткеч гаҗәпләндерә торган „могҗизалары" 265—266 нчы битләрдә сөйләнгән ишетү үзенчәлекләреннән килеп чыга.

„Әгәр кем дә булса түбәдә йөрсә, — дип яза проф. Гампсон, — аның тавышы йорт эчендә йомшак пышылдауга охшый. Ул бинаның читенә киткән саен, пышылдау зәгыйфьләнә бара. Әгәр без йортның нинди дә булса бүлмәсендә утырсак, колагыбыз безгә тавышның кайдан килүе һәм сөйләүче кешенең еракмы-якынмы булуы турында бернәрсә дә әйтә алмый. Ләкин авазның үзгәрүе буенча без сөйләүче кеше еракլашып барды дигән нәтиҗәгә киләбез. Әгәр түбәдә йөрүче үзенең кайда булуын әйтсә, без бу сүзгә шунда ук ышанырбыз. Әгәр кем дә булса гүяки йортның тышында булган бу кеше белән сөйләшә башласа һәм мәгънәле җаваплар алса, иллюзия тагын да тулырак булыр иде".

„Эчтән сөйләүче эш итә торган шартлар менә шулар. Сөйләү чираты түбәдәге кешегә килеп җиткәч, эчтән сөйләүче акрын гына мыгырдый; чират үзенә килеп җиткәндә ул аермачык тавыш белән сөйли һәм тыңлаучыларның игътибарын шул тавышлар арасындагы контрастка юнәлдерә. Ул сөйләгәннәрнең эчтәлеге һәм уйланма кешенең җаваплары иллюзияне көчәйтә төшә. Түбәндәге хәл бу алдауның бердәнбер йомшак урыны була алыр иде: тыштагы кешенең уйланма тавышы чынбарлыкта сәхнәдәге кешедән килә, ягъни ялган юнәлеш буенча килә".

„Эчтән сөйләүче" дигән сүзләрнең яраксыз икәнлеген дә күрсәтеп үтәргә кирәк. Сөйләргә чират уйланма кешегә җиткәч, чынбарлыкта партнеры түгел, бәлки үзе сөйләгәнне фокус ясаучы сиздермәскә тиеш. Бу максат өчен ул төрле хәйләләр кора. Һәр-төрле ишарәләр ярдәмендә ул тыңлап торучыларның игътибарын үзеннән читләштерергә тырыша. Янга авышып һәм игътибар белән читтәге тавышны тыңлаган кебек ул кулларын колагы янында тота, үзенең

иреннәрен мөмкин кадәр яшерергә тырыша. Үзенең йөзен яшерә алмаган вакытта ул иреннәре белән иң зарур хәрәкәтләрне генә ясарга тырыша. Иомшак һәм бик акрын пышылдау гына кирәк булу да аңа ярдәм итә. Иреннәрнең хәрәкәте шулкадәр нык яшерелгәнгә күрә кайбер кешеләр артистның тавышы аның гәүдәсенең эченнән чыга дип уйлыйлар, — „эчтән сөйләүче" исеме дә әнә шуннан килеп чыккан.

Шулай итеп, эчтән сөйләүнең уйланма могҗизалары бер генә нәрсәгә: тавышның юнәлеше дә, тавыш чыгаручы әйбергә кадәр ераклык та безнең тарафтан төгәл билгеләнә алмауга нигезләнгән. Гадәти шартларда без артык нык ялгышмыйбыз, ләкин гадәти үк булмаган шартларга эләксәк, без тавыш чыганагын билгеләүдә иң тупас хаталар җибәрәбез. Мин үзем эчтән сөйләүчене күзәткәндә, гәрчә эшнең нәрсәдә икәнлеген яхшы белсәм дә, иллюзияне җиңә алмадым.

## „КЫЗЫКЛЫ ФИЗИКА“ КИТАБЫНЫҢ БЕРЕНЧЕ КИСӘГЕННӘН ЙӨЗ СОРАУ

1. Әкәм-төкәм җәяүле кешегә караганда ничә тапкыр акрынрак хәрәкәт итә?

2. Хәзерге заман самолетының тизлеге күпме?

3. Кояш күк йөзе буйлап хәрәкәт иткәндә кеше аны куып уза аламы?

4. Кино экранында хәрәкәтләрне ничек акрынайтып күрсәтәләр?

5. Җирдә яшәүчеләр Кояш тирәли кайчан тизрәк хәрәкәт итәләр: төш вакытындамы, әллә төн уртасындамы?

6. Тәгәри торган тәгәрмәчнең югарыгы кигиләре кайчакта тоташкандай булып китәләр, ә түбәнгеләре аерым-аерым күренәләр. Ни өчен?

7. Бара торган поездның кайсы нокталары акрынрак хәрәкәт итә? Ә кайсы өлешләре артка таба хәрәкәт итә?

8. Йолдызлар Җирнең орбита буйлап хәрәкәте юнәлешендә куәкән кебек тоелалар. Сәбәп нәрсәдә?

9. Урындыктан торган чакта без ни өчен гәүдәбезне алга авыштырабыз яки аякларыбыз белән урындык астына басабыз?

10. Карт диңгезчеләрнең атлавы үзенә бертөрле булуын ничек аңлатырга?

11. Йөгерү атлап барудан ни белән аерыла?

12. Кирәк була калса, хәрәкәт итүче вагоннан ничек сикерергә? Җавабыгызга дәлил китерегез.

13. Аты чыккан ялганчы Мюнхгаузен очып баручы туп ядрәләрен тотуы турында сөйләгән. Бу нәрсә һич мөмкин түгелме?

14. Бик тиз баручы автомобильдә утырган килеш, аңа таба ыргытылган әйберләрне тотып алып буламы?

15. Түбән таба төшүче әйбер тик торган чактагыдан авырракмы, әллә җиңелрәкме?

16. Җир үзәгенә якынлашканда әйбернең авырлыгы ничек үзгәрә?

17. Өскә таба ыргытылган һәр әйбер дә җиргә кире төшәргә тиешме?

18. Жюль-Верннның „Пушкадан Айга" дигән романында очып баручы снаряд эчендә булган хәлләр дөрес тасвирланганмы?

19. Дөрес герләр булганда, үлчәү ватык булса дөрес үлчәп буламы? Ә үлчәү дөрес булып, герләр дөрес булмаса?

20. Безнең скелетыбыздагы сөякләрнең рычаг буларак эшләп, зуррак көч белән кечкенә каршылыкны җиңүе безгә файдалымы-юкмы?

21. Чаңгыда шуучы көпшәк карга нилектән батып китми?

22. Баудан үрелгән гамакта ятканда нилектән йомшак кебек тоела?

23. Туптан 120 километрга ничек ата алганнар?

24. Кәгазь очыргыч нилектән өскә күтәрелә?

25. Таш бик биектән һавада төшкән чакта һаман арта баручы тизлек белән очармы?

26. Ачылмаган парашют белән төшүче кешенең гәүдәсе күп дигәндә нинди тизлек белән хәрәкәт итә?

27. Бумерангның гаҗәеп очышы ни белән аңлатыла?

28. Йомырканы ватмыйча гына аның пешкәнмепешмәгәнме икәнен ничек белергә?

29. Әйберләр кайда авыррак тоела: экваторга якын урындамы, әллә полюс тирәсендәме?

30. Әйләнеп торучы тәгәрмәч тугымында шытып чыккан орлыкның тамыры кайсы якка караган була?

31. „Мәңгелек хәрәкәт" белән „мәңгелек двигатель" арасында аерма бармы?

32. Мәңгелек двигатель төзеп карауучыларның уңышка ирешә алганнары бармы-юкмы?

33. Сыеклык эченә батырылган әйбергә басым кайсы яктан зуррак була: өстәнме, ян якларданмы, әллә астанмы?

34. Үлчәү тәлинкәсенә куеп герләр белән тигез-

ләндерелгән сулы банка эченә берәр йөкне җептән тотып батырсак ни булыр?

35. Авырлыгы булмаган сыеклык нәрсә формасында булыр? Моны тәҗрибәдә тикшереп карап буламы?

36. Яңгыр тамчылары нилектән йомры булалар?

37. Керосин пыяла һәм металлар аша саркый дигән сүз дөресме-юкмы? Мондый фикер каян килеп чыккан?

38. Корыч инәне суда йөздереп буламы?

39. Нәрсә ул флотация?

40. Сабын пычракны нилектән юып төшерә?

41. Сабын куыгы ни сәбәпле өскә күтәрелә? Ул нинди бүлмәдә — салкынындамы әллә җылыдамы — тизрәк күтәрелер?

42. Кеше чәче юанракмы, әллә сабын куыгы элпәсе калынракмы? Ничә мәртәбә?

43. Эченә янып торучы кәгазь салынган стаканны сулы тәлинкәгә капласаң, тиз арада су стакан эченә җыела. Нилектән?

44. Саламның бер башын суга тыгып икенче башыннан суырсаң, аның буйлап су нилектән күтәрелә?

45. Үлчәү тәлинкәләрендә бер агач кисәге белән гер тигезләнеп тора. Әгәр бу үлчәүне һава насосы калпагы эченә куеп һаваны сирәкләтсәк, тигезләнеш бозылырмы?

46. Үткән сорауда сөйләнгән үлчәүне куертылган (зуррак басымлы) һава эченә кертсәк ни булыр?

47. Әгәр гәүдәгезнең авырлыгы юкка чыкса, ләкин кием-салымыгызның авырлыгы шул килеш калса, сез җир өстендә торып калырсызмы, әллә югарыга күтәрелеп китәрсезме?

48. Мәңгелек двигатель белән бушка эшли торган двигатель арасында аерма бармы? Бушка эшли торган двигатель ясый алганнармы-юкмы?

49. Җәйге эсседә трамвайның рельс юлларына нинди куркыныч туа? Ә каты суыкта ничек? Тимер юлларга исә мондый куркыныч юк. Сәбәп нәрсәдә?

50. Телеграф һәм телефон чыбыклары елның кайсы вакытында күбрәк салынып төшәләр?

51. Нинди стаканнар кайнар судан тизрәк ватыла — калыннарымы, әллә юкаларымы? Ә суыкта ничек?

52. Лимонад стаканнарының төбе ни өчен калын

итеп ясала? Мондый стаканга ни сәбәпле чәй ясарга ярамый?

53. Савыт-сабаны җылыда да, суыкта да ватылмый һәм үтәли күренә торган нинди материалдан ясарга кирәк?

54. Тирләгән аякка күн итек кию кыен була. Нилектән?

55. Көн саен борып торасы булмаган сәгать ясарга мөмкинме?

56. Зур механизмнарны да шундый ук принциптан чыгып ясап буламы?

57. Төтен нигә өскә күтәрелә?

58. Шешәдәге лимонадны суыту өчен сез нәрсә эшләр идегез?

59. Бозны йон белән төреп куйсаң, ул тизрәк эрерме?

60. Кар җирне җылыта диләр, — дөресме?

61. Җир астындагы көпшәләрдә су нилектән туңмый?

62. Мәскәү өлкәсендә июль аенда кайсы урында кыш була?

63. Кургаш белән ябыштырылган савытта су кайнатып була. Кургаш кызуда нилектән эреп төшми?

64. Каты суыкта чана ни сәбәпле начар шуа?

65. Җепшек көнне карны йомарлап тәгәрәтү бик җиңел, ә суыкта кар таралып китә торган була. Сәбәбен әйтегез.

66. Җылытылмый торган бина түбәләрендә боз сөңгеләре ни сәбәпле ясала?

67. Экваториаль илләрдә поляр илләрдәгегә караганда нилектән җылырак?

68. Әгәр яктылык күз ачып йомганчы тарала торган булса, кояш чыгу моменты ничек үзгәрер иде?

69. Әгәр яктылык һәр тирәлектә дә күз ачып йомганчы тарала торган булса, телескоп белән микроскоплар зурайтып күрсәтә алырлармы?

70. 1 гектар мәйданга перпендикуляр булып төшкән кояш нурлары аңа күпме көч белән басым ясыйлар?

71. Яктылык нурларын тоткарлыкларны әйләнеп үтәргә мәҗбүр итеп буламы?

72. Үз йөзеңне көзгедә яхшырак күрү өчен лам-

паны кайда куярга кирәк: үзеңнән алдаракмы, әллә арткамы?

73. Безнен йөзебез белән аның яссы көзгедәге сурәте арасында тулы охшашлык бармы?

74. Калейдоскоптан практик файда алып буламы?

75. Боз ярдәмендә ничек ут табарга?

76. Безнең киңлекләрдә мираж күзәтергә мөмкинме?

77. Нәрсә ул „яшел нур“?

78. Фоторәсемнәрне ничек карарга кирәк?

79. Фоторәсемнәрне кабарынкы пыяла аша яки батынкы көзгедә карасаң, алар нилектән рельефлы булып күренәләр?

80. Кинотеатрда картина урта рәтләрдән яхшырак күренә. Ни өчен шулай?

81. Рәссамнар төшергән картиналарга бер күзне йомып караганда яхшырак. Сәбәбен күрсәтегез.

82. Стереоскоп эшенең асылы нәрсәдә?

83. Әкияттәге великаннар күргәнчә күреп буламы?

84. Нәрсә ул стереокөпшә?

85. Ялтырау нилектән килеп чыга?

86. Әгәр бик тиз бара торган вагон тәрәзәсе аша карасаң, ландшафт рельефлырак булып күренә. Ни өчен?

87. Төсле күләгәләр күренерлек тәҗрибә уйлап табыгыз.

88. „Күләгәләр могҗизасы“ дигән эффект нәрсәгә нигезләнгән?

89. Зәңгәр яктылык төшкәндә кызыл байрак ни төсле булып күренер?

90. „Иррадиация“ һәм „астигматизм“ дигән сүзләрнең мәгънәсен аңлатыгыз.

91. Безне һаман күзәтеп тора торган портретлар булырга мөмкинме? Моны ничек аңлатырга?

92. Якты йолдызлар кемгә зуррак булып күренәләр: нормаль күзле кешегәме, әллә еракган күрмәүчегәме?

93. Сез кул чапканнан соң $1\frac{1}{2}$ секунд үткәч, тавыш яңгырап ишетелгән. Тоткарлык сездән күпмеераклыкта?

94. Тавыш көзгеләре буламы?

95. Тавыш нәрсәдә тизрәк тарала: һавадамы яки судамы?

96. Тавыш яңгыравыгын техникада куллануга мисал китерегез.

97. Бал корты нилектән безелди?

98. Бездән якында гына кычкырган чикерткәне табу ни сәбәпле кыен була?

99. Нәрсәнең тавышы катырак ишетелә: Ниагара шарлавыгының иң шау-шулы җирендәме, әллә тавыш сүндергече булмаган автомотор янындамы? Ничә мәртәбә катырак?

100. „Эчтән сөйләүнең“ хикмәте нәрсәдә?

Алга таба укыр өчен китаплар исемлеге „Кызыклы физиканың“ икенче китабында бирелә.

## ЭЧТӘЛЕК


Унөченче басмасына карата кереш сүздән . . . . . . . . . 3

Беренче бүлек, **Тизлек. Хәрәкәтләрне кушу** . . . . . . 7

- Без тиз хәрәкәт итәбезме? . . . . . . . . . . . 7
- Тизлекне ничек күрсәтергә . . . . . . . . . . 11
- Кояштан да, Айдан да тизрәк . . . . . . . . . 12
- Секундның меңнән бер өлеше . . . . . . . . . 14
- Вакыт лупасы . . . . . . . . . . . . . . 17
- Көндезме яки төнләме? . . . . . . . . . . 18
- Арба тәгәрмәченең сере? . . . . . . . . . . 20
- Тәгәрмәчнең иң әкрен хәрәкәт итүче урыны . . . . . 21
- Шаярту түгел — мәсьәлә . . . . . . . . . . 22
- Көймә кайдан килә? . . . . . . . . . . . . 24

Икенче бүлек. **Җир тарту көче һәм авырлык. Рычаг. Басым** . . . . . . . . . . . . . . . . . . 27

- Басыгыз! . . . . . . . . . . . . . . . 27
- Йөрү һәм йөгерү . . . . . . . . . . . . . 30
- Бара торган вагоннан алга таба сикереп төшәргә кирәкме? . . . . . . . . . . . . . . . 33
- Атылып бара торган пуляны кул белән тотып алу . . 35
- Карбыз-бомба . . . . . . . . . . . . . . 36
- Үлчәү платформасында . . . . . . . . . . . 39
- Әйберләр кайда авыррак? . . . . . . . . . . 39
- Әйберне төшереп җибәрсәң, аның авырлыгы күпме була? 41
- Туптан атылып китеп Айга . . . . . . . . . 43
- Жюль-Верн Айга сәяхәтне ничек тасвир итә һәм ул сәяхәт ничек булырга тиеш иде . . . . . . . . 46
- Ялгыш күрсәтүче үлчәүдә дөрес үлчәү . . . . . . 49
- Үз-үзеңнән дә көчлерәк . . . . . . . . . . 50
- Очлы әйбер нилектән кадала? . . . . . . . . . 51
- Левиафанга охшатып . . . . . . . . . . . . 52

Өченче бүлек. **Тирәлекнең каршылыгы** . . . . . . . 55

- Пуля һәм һава . . . . . . . . . . . . . . 55
- Үтә еракка ату . . . . . . . . . . . . . 56
- Кәгазь очыргыч нилектән күтәрелә? . . . . . . . 58
- Җанлы планёрлар . . . . . . . . . . . . . 60
- Үсемлекләрнең моторсыз очулары . . . . . . . . 61
- Парашютчыларның дәвамлы сикерүләре . . . . . . 62
- Бумеранг . . . . . . . . . . . . . . . . 64

Дүртенче бүлек. **Әйләнү хәрәкәте. „Мәңгелек двигательләр“** 67

Йомырканың пешкәнен, пешмәгәнен ничек белергә? . 67
„Шайтан тәгәрмәче“ . . . . . . . . . . . . . 68
Язу карасы тамчыларыннан өермә . . . . . . . . 70
Алданган үсемлек . . . . . . . . . . . . . . 71
„Мәңгелек двигательләр“ . . . . . . . . . . 72
„Тоткарлык“ . . . . . . . . . . . . . . . . 76
Уфимцев аккумуляторы . . . . . . . . . . . 77
„Могҗиза һәм могҗиза түгел“ . . . . . . . . 78
Тагын „мәңгелек двигательләр“ . . . . . . . 79
Петр I заманындагы „мәңгелек двигатель“ . . . . . 80

Бишенче бүлек. **Сыеклыкларның һәм газларның үзлекләре** 86

Ике кофейник турында мәсьәлә . . . . . . . . . 86
Борынгылар нәрсәне белмәгәннәр . . . . . . . . 87
Сыеклыклар ... югарыга таба басым ясыйлар . . . . . 88
Кайсы авыррак? . . . . . . . . . . . . . . 90
Сыеклыкның табигый формасы . . . . . . . . . 91
Ядрә нилектән түгәрәк? . . . . . . . . . . . 93
„Төпсез“ бокал . . . . . . . . . . . . . . 94
Керосинның кызыклы үзенчәлеге . . . . . . . . 96
Суга батмый торган бер тиенлек акча . . . . . . . 97
Иләк белән су ташу . . . . . . . . . . . . 98
Күбек техникага хезмәт итә . . . . . . . . . . 99
Уйланма „мәңгелек“ двигатель . . . . . . . . . 101
Сабын куыклары . . . . . . . . . . . . . . 102
Иң нечкә әйбер нәрсә? . . . . . . . . . . . 106
Судан коры чыгу . . . . . . . . . . . . . 107
Без суны ничек эчәбез? . . . . . . . . . . . 109
Яхшыртылган бурәнкә . . . . . . . . . . . . 109
Бер тонна агач һәм бер тонна тимер . . . . . . . 110
Авырлыгын югалткан кеше . . . . . . . . . . 111
„Мәңгелек“ сәгать . . . . . . . . . . . . . 115

Алтынчы бүлек. **Җылылык күренешләре** . . . . . . . . 118

Октябрь тимер юлы кайчан озынрак — җәенме, әллә кышынмы? . . . . . . . . . . . . . . . 118
Җәзасыз калган караклык . . . . . . . . . . 120
Эйфель манарасының биеклеге . . . . . . . . . 121
Чәй стаканы һәм су үлчәгеч көпшә . . . . . . . 121
Мунчадагы күн итек турында әкият . . . . . . . 124
Могҗизаларны ничек ясыйлар? . . . . . . . . . 125
Үзеннән-үзе борыла торган сәгать . . . . . . . . 127
Гыйбрәтле папирос . . . . . . . . . . . . . 129
Кайнап торган суда эремәүче боз . . . . . . . . 130
Бозның өстенәме, әллә астынамы? . . . . . . . . 130
Ябык тәрәзәдән ни өчен җил өрә? . . . . . . . . 132
Серле әйләнчек . . . . . . . . . . . . . . 132
Тун җылытамы? . . . . . . . . . . . . . . 133
Безнең аяк астыбыздагы җирдә елның кайсы вакыты? 135
Җәйге Кояш белән кыш көне җылыту . . . . . . . 136
Кәгазь кастрюль . . . . . . . . . . . . . . 141
Табигатьтә бердәнбер тайгак әйбер . . . . . . . 142

Бөз сөңгеләре турында мәсьәлә . . . . . . . . . . . . 144

Җиденче бүлек. **Яктылык нурлары** . . . . . . . . . . 147

Тотып алынган күләгәләр . . . . . . . . . . . . . . 147
Йомырка эчендә чеби . . . . . . . . . . . . . . . . 149
Айдан җибәрелгән сигналлар . . . . . . . . . . . . . 150
Көлке фоторәсемнәр . . . . . . . . . . . . . . . . . 151
Кояш чыгу турында мәсьәлә . . . . . . . . . . . . . 154
Яктылык тизлеге . . . . . . . . . . . . . . . . . . 154
„Чиксезлек дулкыннары буйлап." К. Фламмарион . . . 155
1. Үткән заманнарны үз күзе белән күрүче. . . . 155
2. Ун еллар бер сәгатьтә үтеп китәләр . . . . . 157
3. Дөнья тарихының кирегә таба баруы . . . . 159
4. Сугыш ахырдан башланып китә . . . . . . . 160
5. Вакыт елгасы буйлап үргә таба . . . . . . . 161
Шулаймы икән? . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 162
Галәм океаны буйлап . . . . . . . . . . . . . . . . 164

Сигезенче бүлек. **Яктылыкның кайтарылуы һәм сынуы** . 167

Стеналар аша күрү . . . . . . . . . . . . . . . . . 167
Сөйләшә торган кисекбаш . . . . . . . . . . . . . . 169
Алданмы, әллә арттанмы? . . . . . . . . . . . . . . 171
Көзгене күреп буламы . . . . . . . . . . . . . . . . 171
Хайваннар көзге каршында . . . . . . . . . . . . . 171
Көзгегә карап без кемне күрәбез? . . . . . . . . . . 173
Көзге каршында рәсем төшерү . . . . . . . . . . . . 174
Исәп-хисапны белә торган яктылык . . . . . . . . . 175
Карганың очуы . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 177
Калейдоскоп турында яңа һәм иске нәрсәләр . . . . . 177
Иллюзияләр һәм миражлар сарае . . . . . . . . . . . 179
Көзгеләр белән газаплау (хикәя) . . . . . . . . . . 182
Яктылык нилектән һәм ничек сына? . . . . . . . . . 185
Озынрак юлдан кайчан тизрәк барып була? . . . . . 187
Яңа Робинзоннар . . . . . . . . . . . . . . . . . . 191
Янгын чыгуның гадәттән тыш сәбәбе . . . . . . . . . 194
Боз ярдәмендә ничек ут табарга? . . . . . . . . . . 195
Кояш нурлары ярдәмендә . . . . . . . . . . . . . . 197
Миражлар турында иске һәм яңа мәгълүматлар . . . . 199
„Яшел нур" . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 202

Тугызынчы бүлек. **Бер күз белән һәм ике күз белән күрү** 208

Фотография булмаган заманнарда . . . . . . . . . . 208
Күп кеше нәрсәне белми? . . . . . . . . . . . . . . 209
Фоторәсемнәрне карау осталыгы . . . . . . . . . . . 211
Фоторәсемне нинди ераклыкта тотарга кирәк? . . . . 212
Зурайтучы пыяланың гаҗәеп үзлеге . . . . . . . . . 213
Фоторәсемнәрне зурайту . . . . . . . . . . . . . . . 214
Кинотеатрда иң яхшы урын . . . . . . . . . . . . . 215
Сурәтле журналлар укучыга киңәш . . . . . . . . . . 216
Картиналар карау . . . . . . . . . . . . . . . . . . 217
Күләмле әйберләрне яссылыкта сурәтләү . . . . . . . 217
Нәрсә ул стереоскоп? . . . . . . . . . . . . . . . . 218
Безнең үзебездәге табигый стереоскоп . . . . . . . 220

Сыңар күз белән һәм ике күз белән күрү . . . . . . 222
Алдауны сизү өчен бик гади бер ысул . . . . . . . . 223
Великаннарның күзләре ничек күрә . . . . . . . . . 225
Стереоскоп аша караганда Галәм ничек күренә . . . 227
Өч күз белән күрү . . . . . . . . . . . . . . . . . 231
Ялтырау нәрсә ул? . . . . . . . . . . . . . . . . . 233
Тиз-тиз хәрәкәт иткәндә күрү . . . . . . . . . . . 234
Буялган күләгәләр . . . . . . . . . . . . . . . . . 236
Төсле күзлектән карагануа . . . . . . . . . . . . . 236
„Күләгәләр могҗизасы“ . . . . . . . . . . . . . . . 237
Төснең һич тә кәтмәгәндә үзгәрүе . . . . . . . . . 238
Китапның биеклеге . . . . . . . . . . . . . . . . . 240
Манара сәгатенең зурлыгы . . . . . . . . . . . . . 240
Кара белән ак . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 241
Кайсы хәреф карарак? . . . . . . . . . . . . . . . 244
Җанлы портретлар . . . . . . . . . . . . . . . . . 245
Кадап куелган сызыклар һәм башка төрле күз алданулар 246
Ерактан күрмәүчеләр турында . . . . . . . . . . . 249

Унынчы бүлек. **Тавыш һәм аны ишетү** . . . . . . . 253

Яңгырауны ничек эзләп табарга? . . . . . . . . . . 253
Үлчәү тасмасы урынына тавыш . . . . . . . . . . . 256
Тавыш көзгеләре . . . . . . . . . . . . . . . . . . 257
Театр залындагы тавышлар . . . . . . . . . . . . . 259
Диңгез төбеннән тавыш кайтарылу . . . . . . . . . 260
Бөҗәкләр безелдәве . . . . . . . . . . . . . . . . 263
Чикерткә кайда черелди? . . . . . . . . . . . . . . 263
Тавыш „могҗизалары“ . . . . . . . . . . . . . . . . 265
Шау-шуны ничек үлчиләр? . . . . . . . . . . . . . . 266
„Эчтән сөйләү могҗизалары“ . . . . . . . . . . . . 268
„Кызыклы физика“ китабының беренче кисәгеннән йөз сорау . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 270

*Я. И. ПЕРЕЛЬМАН*

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

(на татарском языке)

Тәрҗемәчесе *Н. К. Раимов*

Редакторы *А. К. Тимергалин*

Техник редакторы *Р. С. Нәбиуллина*

Корректоры *Н. Я. Исмагилова*

---

Наборга бирелде 25|IX-59 ел. Басарга кул куелды 9|II-60 ел. Кәгазь форматы 84x108[1]|$_{32}$. Учет.-изд. табак 13,81. Басма табак 8,75(14,35). Табакта 34400 хәреф. Заказ № К-485. Тираж 4000 экз. Бәясе 4 сум 15 тиен.

---

Татарстан Культура министрлыгы каршындагы нәшрият һәм полиграфия промышленносте бүлегенең Камил Якуб исемендәге матбугат комбинатында басылды. Казан, Бауман урамы, 19. 1960 ел.